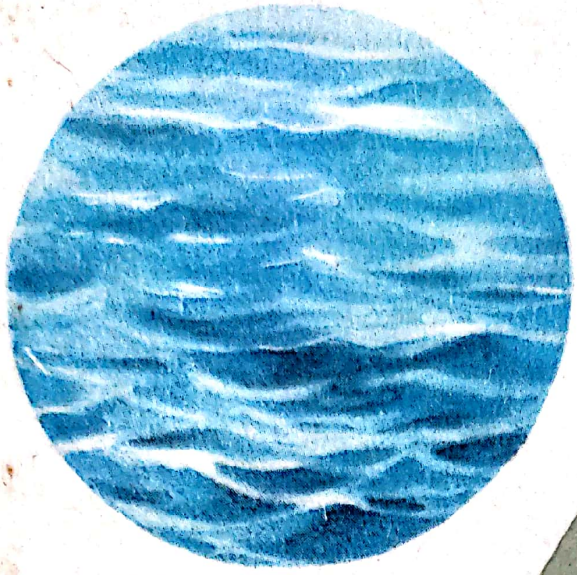
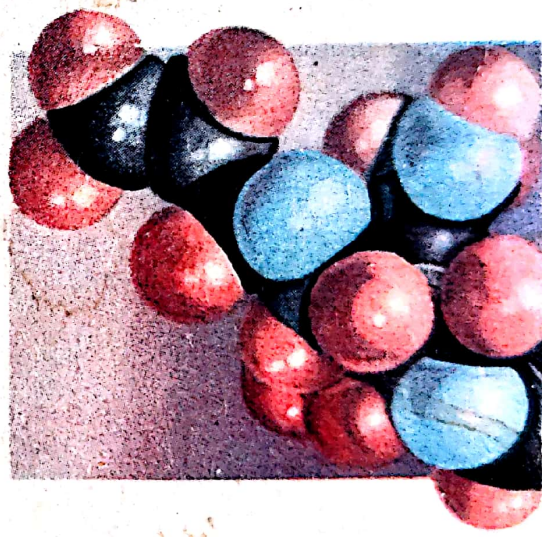




O. SOLOMON
I. IONESCU
M. ENCULESCU
I. MIHAI

COMPUȘI MACROMOLECULARI ÎN CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE

ȘI LUCRĂRI SPECIALE

Scanned with OKEN Scanner

Dr. chim. O. SOLOMON
Ing. I. IONESCU
Ing. M. ENCULESCU
Dr. ing. I. MIHAI

COMPUŞI MACROMOLECULARI ÎN CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE

ŞI LUCRĂRI SPECIALE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREŞTI — 1966

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea reprezintă sinteza unor studii şi cercetări efectuate în ţară şi în străinătate asupra folosirii materialelor pe bază de compuşi macromoleculari în construcţii hidrotehnice şi lucrări speciale.

În partea întîi se dau noţiunile fundamentale privind compuşii macromoleculari, necesare celor care doresc să folosească aceste produse.

În partea a doua sînt descrise mortarele, betoanele, chiturile şi adezivii pe bază de compuşi macromoleculari, proprietăţile acestora, elemente de tehnologie şi indicaţii privind verificarea calităţii. Partea a treia tratează protecţiile în construcţii hidrotehnice şi lucrări speciale.

Partea a patra se ocupă de problema stabilizării pămînturilor şi a consolidării terenurilor cu compuşi macromoleculari.

Partea a cincea tratează problema solicitărilor materialelor pe bază de compuşi macromoleculari.

Lucrarea se adresează inginerilor constructori din proiectare şi execuţie specializaţi în lucrări hidrotehnice şi drumuri, fiind de folos şi inginerilor constructori care au de rezolvat probleme de coroziune în construcţii, în special pentru industria chimică şi pentru inginerii din sectorul materialelor de construcţii.

Lucrarea a fost elaborată pe capitole, în modul următor:

Cap. I — Dr. chim. O. Solomon
Cap. II, III — Ing. I. Ionescu
Cap. IV — I. Ionescu, Ing. M. Enculescu, Dr. ing. I. Mihai
Cap. V. — Ing. I. Ionescu, Ing. M. Enculescu
Cap. VI, VII, IX — Ing. M. Enculescu, Ing. I. Ionescu
Cap. VIII — Ing. M. Enculescu
Cap. X. Dr. ing. I. Mihai

PREFAȚĂ

Construirea socialismului în țara noastră a impus realizarea unui volum important de lucrări de construcții în toate sectoarele de activitate economică, cultural-educativă, socială etc., scop în care statul a alocat fonduri de investiții deosebit de mari. Pentru realizarea acestui program uriaș de construcții, pe baza indicațiilor din documentele de partid și de stat, au fost necesare noi metode de calcul și de dimensionare a construcțiilor, concepții avansate în alcătuirea constructivă a lucrărilor, tehnologii moderne de execuție, folosirea rațională a resurselor materiale și introducerea în practica de proiectare și execuție de materiale noi cu proprietăți superioare materialelor tradiționale.

Creșterea cu circa 50% a fondurilor alocate pentru investiții-construcții în perioada 1966—1970, față de perioada 1961—1965 prevăzută în Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R., impune ca această activitate să fie continuată și ridicată pe o treaptă superioară.

Programul de industrializare socialistă a țării necesită, de asemenea, proiectarea și execuția unui mare volum de lucrări hidrotehnice, amenajări hidroenergetice, lucrări de alimentări cu apă și canalizare pentru complexele industriale și centrele populate, amenajări hidroameliorative și executarea de diferite lucrări speciale, domeniu în care folosirea de materiale noi cu eficiență și performanțe tehnice ridicate prezintă o importanță deosebită în procesul de introducere a tehnicii noi.

Scanned with OKEN Scanner

În ultimul deceniu, în activitatea de folosire a materialelor noi cu proprietăți superioare, la proiectarea și executarea diferitelor categorii de construcții, de o atenție deosebită se bucură materialele pe bază de compuși macromoleculari, datorită proprietăților lor superioare, cu largi posibilități de folosire în cele mai diferite domenii de activitate. Din această cauză materialele pe bază de compuși macromoleculari își găsesc aplicații pe scară largă în sectorul construcțiilor și constituie — în prezent — materiale de construcții independente.

Cauza principală a acestui avînt trebuie explicată prin marile posibilități de folosire a materialelor pe bază de compuși macromoleculari, mai ales în direcțiile în care procedeele aplicate, ca și materialele folosite conduceau la adoptarea unor soluții de compromis.

Sectorul construcțiilor hidrotehnice și al lucrărilor speciale reprezintă un domeniu în care materialele pe bază de compuși macromoleculari au cîmp foarte larg de aplicabilitate, în special la lucrările de impermeabilizare, protecție împotriva distrugerilor fizico-mecanice (prin uzură, șoc, îngheț-dezgheț repetat etc.), protecția anticorosivă, asigurarea continuității elementelor prefabricate de beton și beton armat, pentru stabilizarea și consolidarea pămînturilor de fundație etc.

Posibilitățile menționate de folosire a materialelor pe bază de compuși macromoleculari în domeniul construcțiilor hidrotehnice și al lucrărilor speciale reprezintă, în etapa actuală de desăvîrșire a construcției socialiste la noi în țară, perspective reale, întrucît datorită măsurilor luate de partidul și statul nostru în intervalul 1966—1970 producția compușilor macromoleculari crește de peste două ori în comparație cu anul 1965, ceea ce permite depășirea stadiului experimental și trecerea la folosirea noilor materiale pe scară industrială.

În lucrarea de față, autorii au căutat să sintetizeze într-un spațiu restrîns rezultatele studiilor și experimentărilor efectuate pînă în prezent în țară și în străinătate, asupra proprietăților,

Scanned with OKEN Scanner

datelor tehnice de bază, a direcțiilor de folosire în condiții tehnico-economice avantajoase, ca și a tehnologiei de lucru cu noile materiale în domeniul propus.

Cu aceste precizări considerăm că lucrarea de față va constitui un îndreptar pentru personalul tehnico-ingineresc, în activitatea de introducere a materialelor pe bază de compuși macromoleculari în practica lucrărilor de construcții din țara noastră. În această direcție lucrarea urmărește să suscite interesul unui număr cît mai mare de specialiști, în scopul de a folosi posibilitățile mari pe care le oferă noile materiale, pentru dezvoltarea producției de tipuri noi de prefabricate și elemente de construcții, folosirea de noi procedee de calcul și de alcătuire constructivă a diferitelor lucrări, folosirea de procedee și de mijloace noi de execuție și de protecție a lucrărilor, contribuind prin aceasta la reducerea consumului de materiale deficitare, creșterea gradului de industrializare, accelerarea ritmului de execuție, îmbunătățirea calității și reducerea prețului de cost al construcțiilor.

AUTORII

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

1

Capitolul I. **Consideraţii generale asupra naturii şi particularităţii compuşilor macromoleculari** 13
A. Generalităţi 13
B. Structura şi proprietăţile fizice ale compuşilor macromoleculari 19
1. Compuşii macromoleculari liniari sau filiformi 20
2. Compuşii macromoleculari ramificaţi 25
C. Reacţii de obţinere a compuşilor macromoleculari 31
1. Polimerizarea 31
2. Copolimerizarea 34
3. Policondensarea 35
4. Poliadiţia 37
5. Polimerizarea prin reacţii înlănţuite 38
D. Procedee de polimerizare şi copolimerizare 39
1. Polimerizarea în bloc 40
2. Polimerizarea în soluţie 40
3. Polimerizarea şi copolimerizarea în emulsie apoasă 40
4. Polimerizarea în suspensie sau polimerizarea în bile sau perle 42
E. Polimeri obţinuţi prin polimerizare şi copolimerizare 43
1. Polihidrocarburi saturate 43
2. Derivaţii halogenaţi ai hidrocarburilor 48
3. Alcoolii şi derivaţii acestora 49
4. Acizii carboxilici şi esterii acestora 51
5. Polimerizarea monomerilor ciclici 52
F. Polimeri obţinuţi prin policondensare 53
1. Polieterii (compuşi polioxidici) 53
2. Poliesterii 54
3. Policarbonaţii 56
4. Polimerii carbamidici sau ureo-formaldehidici 57
5. Polimerii silico-organici 61
6. Polimerii furanici 63
G. Polimeri obţinuţi prin reacţii de poliadiţie 64
1. Poliuretanii 64
2. Polimerii epoxidici 66
Bibliografie 68

Scanned with OKEN Scanner

2

Capitolul II. **Mortare şi betoane cu compuşi macromoleculari** 69
A. Generalităţi 69
B. Mortare şi betoane cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari 71
1. Definiţie. Clasificare 71
2. Componenţii mortarelor şi betoanelor cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari 73
3. Materiale cu adaos de latex de cauciuc natural şi latex de cauciuc sintetic 73
4. Materiale cu adaos de poliacetat de vinil şi materiale cu adaos de copolimeri aceto-clorură de vinil 81
5. Materiale cu adaos de compuşi furanici 94
6. Materiale cu adaos de compuşi fenol-formaldehidici .. 96
7. Materiale cu adaos de compuşi silico-organici 98
8. Elemente de tehnologie şi consideraţii tehnico-economice 106
Bibliografie 109
Capitolul III. **Mortare şi betoane cu compuşi macromoleculari fără lianţi minerali** 111
1. Generalităţi. Clasificare 111
2. Materiale pe bază de monomer furfurol-acetonă (FA) 115
3. Materiale pe bază de compuşi poliesterici 143
4. Materiale pe bază de compuşi epoxidici 154
5. Materiale pe bază de compuşi fenol-formaldehidici 163
6. Materiale pe bază de combinaţii ale lianţilor organici 164
Bibliografie 165
Capitolul IV. **Adezivi şi chituri pentru rosturi, monolitizarea prefabricatelor şi repararea suprafeţelor şi a elementelor de beton** 167
1. Rosturile în construcţii hidrotehnice şi lucrări speciale 167
2. Adezivi şi chituri pentru rosturi şi repararea suprafeţelor şi elementelor de beton 170
Bibliografie 194
Capitolul V. **Verificarea calităţii materialelor pe bază de compuşi macromoleculari şi stabilirea compoziţiilor** 195
1. Mortare şi betoane cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari 197
2. Mortare şi betoane cu compuşi macromoleculari fără lianţi minerali. Chituri pentru rosturi 198
Bibliografie 200

3

Capitolul VI. **Protecţii şi impermeabilizări superficiale pe bază de materiale cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari. Reparaţii la elemente şi suprafeţe de beton** 201
Biblografie 204

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul VII. **Protecţii şi impermeabilizări superficiale pe bază de compuşi macromoleculari fără lianţi minerali** 205
1. Generalităţi. Clasificare..... 205
2. Protecţii superficiale şi reparaţii la baraje şi diguri de beton şi metal..... 206
3. Protecţia la lucrări pentru transportul şi înmagazinarea apei şi lucrări speciale similare..... 211
4. Protecţia instalaţiilor tehnologice, a betonului din fundaţii şi straturi rezistente la coroziune..... 224
5. Protecţii superficiale la lucrările de drumuri, poduri şi lucrări similare..... 228
6. Elemente de tehnologie şi preţ de cost..... 231
Bibliografie 231

Capitolul VIII. **Protecţii şi impermeabilizări superficiale cu pelicule şi folii. Benzi pentru rosturi**..... 233
1. Generalităţi 233
2. Baraje şi lacuri artificiale..... 233
3. Rezervoare şi conducte..... 240
4. Canale pentru transportul apei..... 241
5. Fîşii pentru etanşarea rosturilor..... 249
Bibliografie 249

4

Capitolul IX. **Stabilizarea şi consolidarea pămînturilor cu compuşi macromoleculari** 251
1. Generalităţi 251
2. Condiţii de calitate pentru compuşii macromoleculari 252
3. Factorii care influenţează alegerea agentului de stabilizare sau de consolidare 253
4. Stabilizarea şi consolidarea pămînturilor cu compuşi ureo-formaldehidici 253
5. Stabilizarea pămînturilor cu compuşi furfurol-anilinici 265
6. Stabilizarea şi consolidarea pămînturilor cu compuşi furil-anilinici, acetat de amoniu, acrilat de calciu şi metilol-acril-amidă, cationi organici, acid fosforic şi alcool furilic 269
7. Stabilizarea pămînturilor cu compuşi melamino-formaldehidici şi Fenol-Formaldehidici 276
8. Stabilizarea pomînturilor cu compuşi epoxidici şi latex de cauciuc sintetic 285
9. Domeniile de folosire a pămînturilor stabilizate sau consolidate cu compuşi macromoleculari şi consideratii tehnico-economice 286
Bibliografie 287

Scanned with OKEN Scanner

5

Capitolul X. **Comportarea materialelor pe bază de compuşi macromoleculari la diverse solicitări în construcţii hidrotehnice şi lucrări speciale** 289
1. Generalităţi 289
2. Solicitarea materialelor în rosturile construcţiilor hidrotehnice şi ale lucrărilor speciale 292
3. Solicitarea protecţiilor construcţiilor hidrotehnice şi a altor lucrări 305
4. Comportarea compuşilor macromoleculari în lucrări de reparaţii la construcţii hidrotehnice 312
5. Solicitarea compuşilor macromoleculari în betonul precomprimat 318
6. Solicitarea compuşilor macromoleculari în diverse lucrări speciale 327
Bibliografie 329

Scanned with OKEN Scanner

1

CAPITOLUL I

CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA NATURII ȘI PARTICULARITĂȚII COMPUȘILOR MACROMOLECULARI

A. GENERALITĂȚI

Un compus macromolecular este o substanță chimică organică sau anorganică formată din molecule sau ioni foarte mari în comparație cu micromoleculele. Macroionii pot fi macrocationi, macroanioni sau macroamfoliți. Neutralitatea sistemului este asigurată prin prezența în compus a ionilor mono-, bi-, sau polivalenți de sarcină contrară, aceștia putînd fi socotiți și ei ca niște „contraioni" macromoleculari.

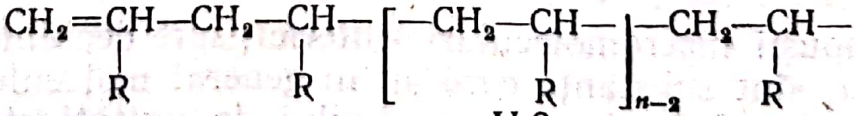
Pentru a putea considera o substanță chimică ca fiind un compus macromolecular este necesar ca macromoleculele sau macroionii acesteia să conțină în stare dizolvată un minim de cîteva sute de atomi.

Astfel, limita inferioară a masei moleculare a compușilor macromoleculari este de ordinul 10^4.

Principiul general de alcătuire a compușilor macromoleculari îl constituie *unitatea structurală* (U.S.). Unitatea structurală este acea parte din macromoleculă care corespunde celei mai mici grupe de atomi care se repetă periodic.

Unitățile structurale diferă ca mărime în funcție de natura compusului macromolecular.

Astfel, în cazul compușilor de natură vinilică, unitatea structurală se confundă cu molecula monomerului din care a dispărut dubla legătură, ca de exemplu:

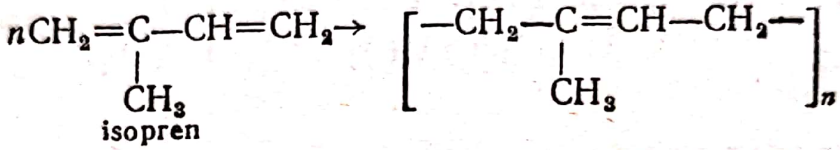


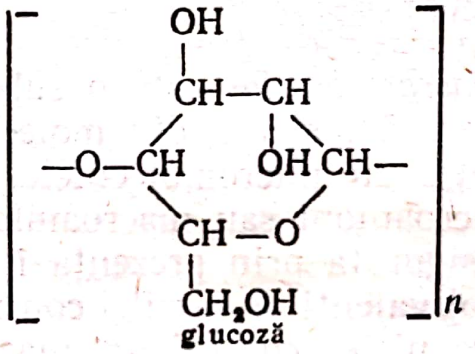
U.S.

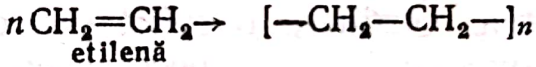
Unitățile structurale formează prin unirea lor catena principală a macromoleculelor.

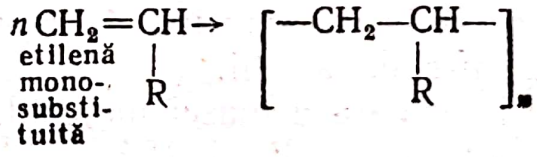
Astfel, molecula de bază care în procesul de sinteză a macromoleculei se transformă în unitate structurală poate fi foarte variată, ca de exemplu:

— isoprenul — pentru cauciuc și gutapercă;
— glucoza — pentru celuloză;
— etilena pentru polietilenă;
— etilena monosubstituită pentru toți compușii macromoleculari, vinilici etc.

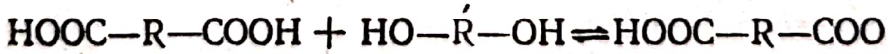


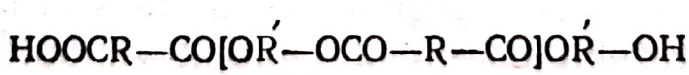






În cazul compușilor macromoleculari obținuți prin policondensarea a două substanțe bifuncționale, unitatea structurală rezultă prin condensarea a două molecule și eliminarea unei molecule mici (H_2O) ca de exemplu:





Compușii macromoleculari sintetici, spre deosebire de cei naturali, sînt substanțe care au în general molecule diferite din punctul de vedere al numărului de unități structurale

ce formează catena principală. Din acest punct de vedere compușii macromoleculari sintetici prezintă amestecuri de catene cu lungimi diferite: *compuși macromoleculari omologi.*

Această eterogenitate după dimensiuni, denumită *polimolecularitate* sau *polidispersitate* conferă compușilor macromoleculari proprietăți cu totul deosebite de cele ale compușilor cu moleculă mică.

Amestecurile polimoleculare de compuși macromoleculari omologi se împart în două grupe: prima grupă este cea în care compușii macromoleculari omologi se deosebesc prin *polidispersie după dimensiuni*, iar a două grupă este cea în care compușii macromoleculari omologi se deosebesc prin *polidispersie după structură.* Aceștia din urmă se mai numesc și compuși macromoleculari aperiodici.

Seria de compuși macromoleculari omologi reprezintă seria în care compușii sînt formați din aceeași unitate structurală, dar se deosebesc prin gradul de polimerizare.

Un compus macromolecular poate fi format dintr-unul, din două sau din mai multe tipuri de unități structurale, diferite din punctul de vedere al structurii și al compoziției chimice.

Din acest punct de vedere se pot deosebi mai multe tipuri de compuși macromoleculari.

Astfel, compusul macromolecular care conține un singur tip de unitate structurală se numește *unipolimer;* cel format din două unități structurale — *bipolimer;* cel format din trei unități structurale — *tripolimer.*

Masa moleculară a compușilor macromoleculari poate fi determinată numai în cazul în care macromoleculele se găsesc dizolvate molecular în dizolvanți cu molecula mică.

Soluțiile moleculare ale unei substanțe macromoleculare sînt formate fie din macromolecule, fie din macroioni.

Există însă și cazuri în care în soluție particulele de compus macromolecular dizolvate sînt formate din asociații de macromolecule.

Valoarea masei moleculare a unui compus macromolecular depinde de metoda folosită pentru determinare. Din cauza polimolecularității amestecului de compuși macromoleculari omologi valoarea masei moleculare va fi întotdeauna o medie spre deosebire de compușii cu molecula mică.

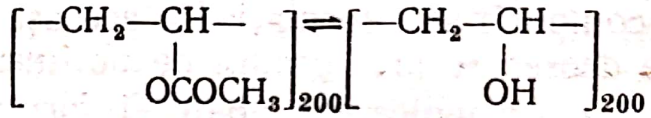
Scanned with OKEN Scanner

Gradul de polimerizare, copolimerizare, policondensare sau poliadiție reprezintă numărul de unități structurale din macromoleculă și se exprimă ca raportul dintre masa moleculară a macromoleculei și masa moleculară a unității structurale ca de exemplu:

$$\bar{n} = \frac{\bar{M}}{m_{us}}$$

unde: $\bar{n}$ este gradul mediu de polimerizare;
$\bar{M}$ — masa moleculară medie a compusului macromolecular;
m_{us} — masa moleculară a unității structurale.

Compușii macromoleculari care au același grad de polimerizare, dar compoziție chimică diferită reprezintă *compuși macromoleculari — analogi* sau *polimeri-analogi*, ca de exemplu:



poliacetat de vinil alcool polivinilic

Cu ajutorul compușilor macromoleculari analogi și al reacțiilor de obținere a acestora s-a putut pune în evidență structura de compus macromolecular care foarte multă vreme a fost contestată.

Astfel, se poate demonstra că într-adevăr, în soluțiile compușilor macromoleculari particulele dizolvate sînt macromoleculele și nu moleculele mici rezultate prin distrugerea miceliilor sau a asociațiilor bazate pe forțe de valențe reziduale.

Macromoleculele fiind unități cinetice independente în soluție pot fi supuse celor mai variate reacții chimice, reacții *polimer-analoge*, care conduc la polimeri-analogi.

În modul acesta macromoleculele se deosebesc fundamental de coloizii micelari, ca de exemplu de săpunuri care dau soluții coloidale.

Pe baza cercetării transformărilor chimice ale grupelor funcționale existente în compușii macromoleculari s-a putut scoate în evidență faptul că macromoleculele reprezintă compuși chimici sau molecule foarte mari, în care atomii sînt legați între ei prin valențe principale.

De asemenea, studierea transformărilor chimice ale grupelor funcționale din macromolecule a permis transformarea

compușilor macromoleculari sintetici sau naturali în alți compuși macromoleculari cu proprietăți noi și care prin reacțiile de formare obișnuite nu au putut fi obținuți.

De exemplu, alcoolul polivinilic nu poate fi sintetizat prin polimerizarea alcoolului vinilic, acesta neexistînd în stare liberă, dar poate fi obținut prin reacția de hidroliză a compusului macromolecular poliacetatul de vinil sau poliformiatul de vinil. Esterii și eterii celulozei nu pot fi obținuți decît prin transformarea chimică a grupelor funcționale din compusul macromolecular celuloza.

Reacțiile chimice ale compușilor macromoleculari nu se deosebesc de reacțiile compușilor chimiei organice clasice, dar dimensiunile foarte mari și complexitatea structurii macromoleculelor introduc în aceste transformări anumite aspecte specifice.

În chimia compușilor macromoleculari se deosebesc reacțiile grupelor funcționale din unitățile structurale și reacțiile macromoleculare.

În ultimul timp, W. Kern și colaboratorii lui au sintetizat un număr mare de compuși macromoleculari cu grupe funcționale reactive și care, datorită acestora, au putut fi transformați în cele mai variate clase de compuși macromoleculari.

Astfel, printre compușii macromoleculari cu grupe funcționale reactive se pot enumera următorii:

— derivații acidului poliacrilic;
— derivații acidului polivinil-sulfonic;
— derivații polistirenului;
— derivații compușilor policarbonilici;
— derivații poliacroleinei;
— compuși macromoleculari complexați cu diferiți ioni;
— derivații compusului macromolecular poli-*p*-litiustiren.

Compușii macromoleculari *polielectroliți* — substanțe formate din poliioni sînt solubili în apă. Sărurile polianionilor sau policationilor nu sînt solubile în apă, deși poartă denumirea tot de polielectroliți.

Un polielectrolit poate fi un poliacid, polibază, polisare sau un poliamfolit.

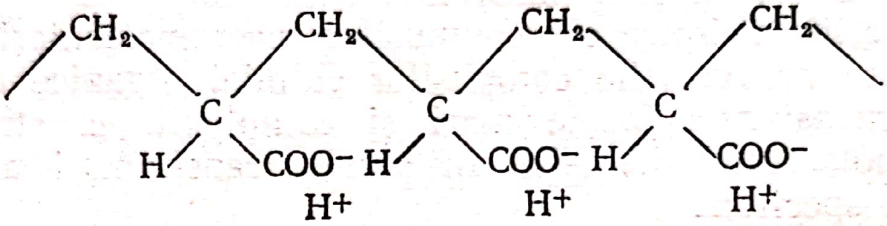
Acești compuși macromoleculari denumiți polielectroliți sînt solubili în dizolvanți polari corespunzători și prezintă posibilitatea de disociere electrolitică.

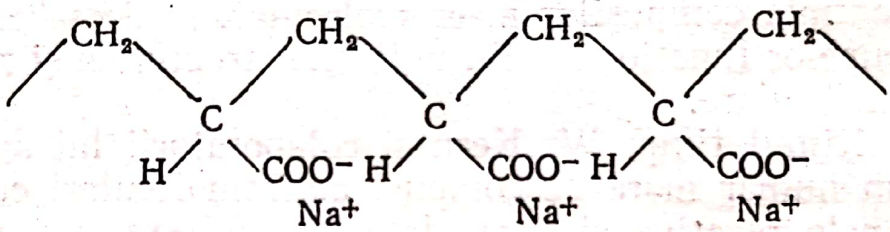
Scanned with OKEN Scanner

Disocierea ionică a acestora în soluții apoase conduce la apariția forțelor de respingere între grupele ionizate și catena macromoleculară neutră.

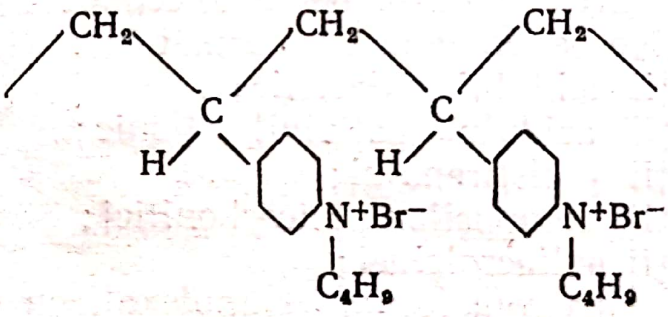
Ca rezultat al acestei acțiuni apar configurații puternice extinse, soluțiile prezintă valori mari pentru viscozitatea caracteristică, iar din punct de vedere termodinamic, soluțiile lor sînt anormale.

Exemplu de polielectrolit anionic poate constitui sarea de sodiu a acidului poliacrilic sau chiar acidul poliacrilic:

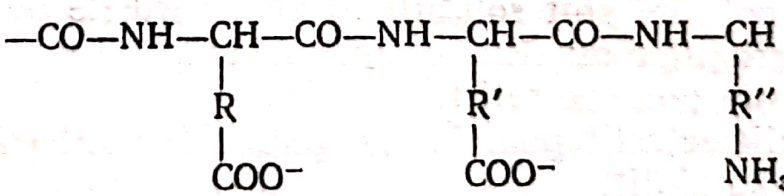




Un polielectrolit de tip cationic poate fi poli(4-vinil-*N*-bromura de butil-piridină)



Un poliamfolit poate fi reprezentat printr-o polipeptidă sau un acid nucleinic, proteine etc:



Poliamfoliții datorită faptului că au atît grupe bazice cît și grupe acide se încarcă negativ sau pozitiv în funcție de *p*H-ul mediului de dizolvare.

Soluţiile de polielectroliţi conduc curentul electric. Energia electrică a polielectroliţilor poate fi determinată prin neutralizarea polielectrolitului cu electroliţi cu molecula mică, aceasta făcîndu-se în condiţii în care macromolecula are un anumit grad de disociere.

În acest domeniu, lucrările lui A. Kacealski şi E. Kacealski sînt deosebit de interesante.

Din teoria elasticităţii înalte se ştie că macromoleculele liniare au capacitatea de a se răsuci şi dezrăsuci fără ca practic sistemul să-şi schimbe energia, singura variaţie fiind cea de entropie.

În cazul polielectroliţilor, unităţile structurale se resping, iar stării răsucite şi dezrăsucite a macromoleculei îi va corespunde în acest caz nu numai o entropie diferită, dar şi o energie electrostatică diferită.

Datorită acestui fapt, la anumite variaţii de *p*H ale mediului, macromoleculele vor avea configuraţii şi forme diferite. Schimbările de formă ale macromoleculei corespund în fond mişcării ei mecanice.

În modul acesta se realizează transformarea directă a energiei chimice în energie mecanică. Pe această bază s-a creat o ramură a ştiinţei şi anume: *mecanochimia*.

Indiferent de faptul că un compus macromolecular este format din macromolecule sau macroioni, legăturile dintre atomi sînt legături chimice principale, a căror energie de legătură corespunde la 70—100 kcal/mol. Aceste legături nu pot fi desfăcute prin dizolvare sau topire, ele pot fi distruse numai prin degradare termică sau prin acţiunea agenţilor chimici sau fizici foarte puternici.

În afara compuşilor macromoleculari propriu-zişi, se mai întîlnesc şi substanţe chimice rezultate prin reacţiile de dimerizare sau trimerizare etc.

Asemenea dimeri sau trimeri au fost denumiţi *compuşi oligomeri*.

B. STRUCTURA ŞI PROPRIETĂŢILE FIZICE ALE COMPUŞILOR MACROMOLECULARI

Din punct de vedere structural, compuşii macromoleculari se pot clasifica în: compuşi macromoleculari liniari sau filiformi şi compuşi macromoleculari ramificaţi.

1. COMPUȘII MACROMOLECULARI LINIARI SAU FILIFORMI

Acești compuși au macromoleculele formate dintr-o catenă principală cu sau fără substituenți. Unitățile structurale ale unui compus macromolecular liniar sînt distribuite sub forma unui lanț și pot atinge lungimi de cîteva mii de angstromi.

Un mare număr de compuși macromoleculari au macromolecule sau macroioni filiformi ca de exemplu: polietilena, polipropilena, polistirenul, poliisoprenul 1,4-*cis*, polietilenoxidul, poliacetatul de vinil, policlorura de vinil, poli-

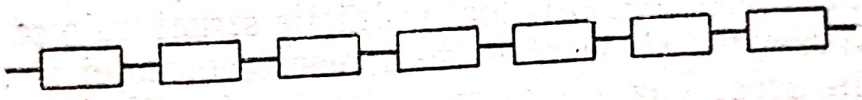


Fig. I.1. Reprezentarea modelului unui compus macromolecular liniar.

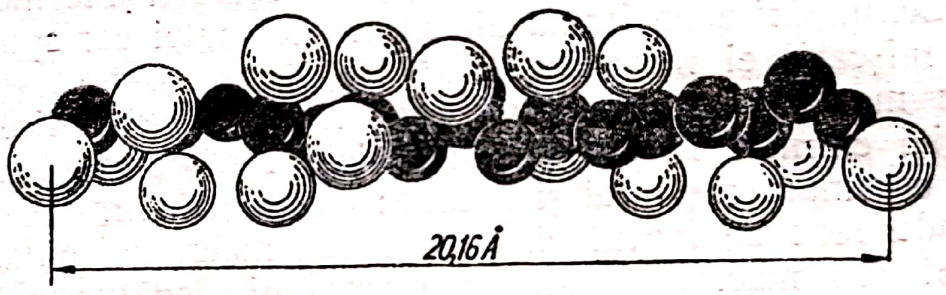


Fig. I.2. Reprezentarea modelului unui compus macromolecular în stare întinsă.

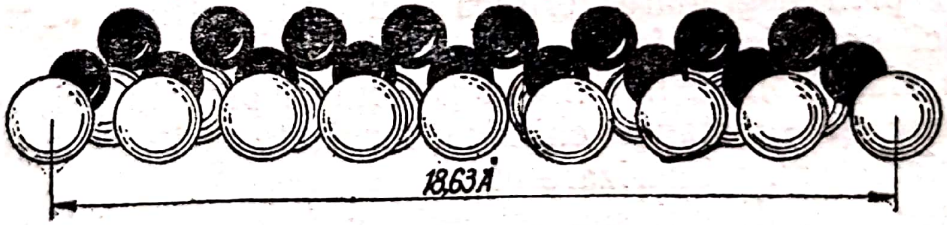


Fig. I.3. Reprezentarea modelului unui compus macromolecular în stare relaxată.

amidele, poliesterii, poliizocianații, poliureea etc. Reprezentarea modelelor acestui tip de macromolecule se poate vedea din fig. I.1, I.2 și I.3.

Configurația spațială a unui compus macromolecular liniar este identică cu cea a hidrocarburilor parafinice a căror

structură poate fi pusă în evidenţă prin spectrografie de raze X.

Ca şi hidrocarburile parafinice şi în cazul compuşilor macromoleculari liniari, unghiul de valenţă este de 109°28′, iar forma este cea de zig-zag.

Totuşi, pentru acelaşi unghi de valenţă macromolecula liniară poate avea trei configuraţii planare diferite prin *perioadele de identitate*.

Reprezentarea modelelor acestor configuraţii planare este dată în fig. I.4 şi I.5.

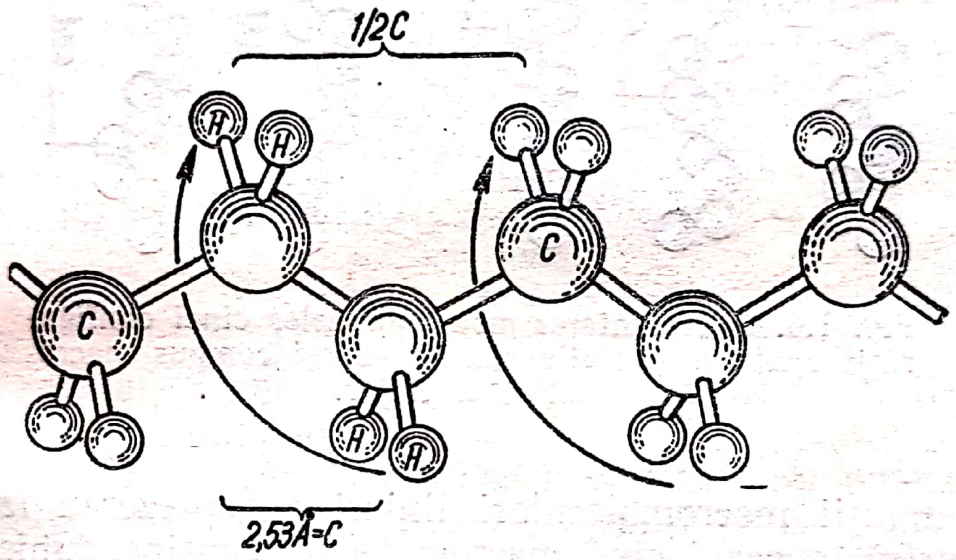


Fig. I.4. Macromoleculă liniară de polietilenă.

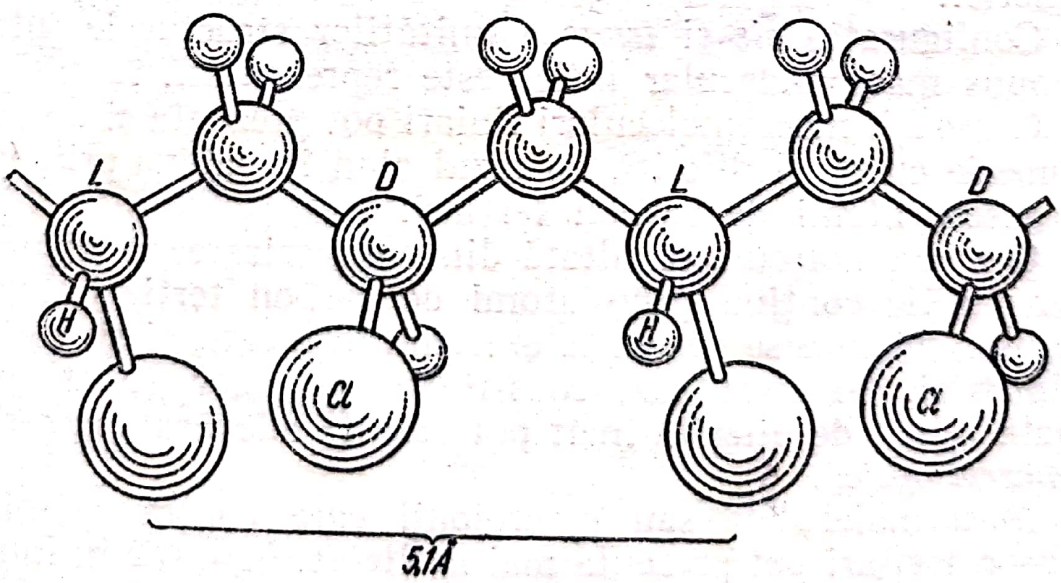


Fig. I.5. Macromoleculă liniară de policlorură de vinil.

Perioada de identitate, adică distanța dintre unitățile structurale identice din punctul de vedere al configurației spațiale poate determina pentru aceeași macromoleculă filiformă și alte aranjări spațiale.

Reprezentarea unui compus macromolecular liniar cu cinci configurații spațiale și cu perioade de identitate diferite, este dată în fig. I.6.

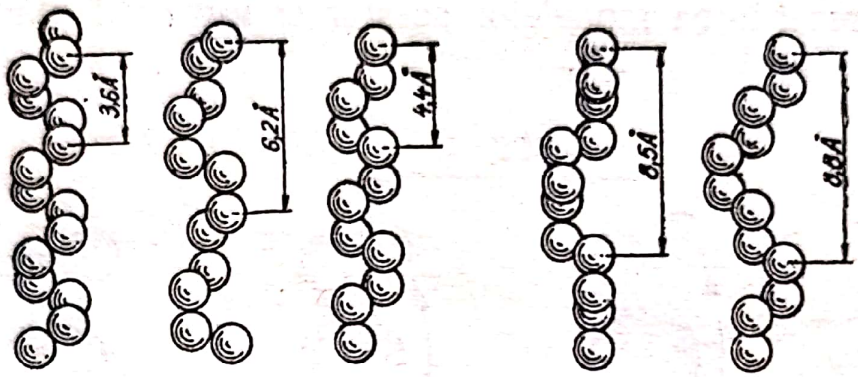


Fig. I.6. Reprezentarea modelelor celor cinci configurații spațiale posibile pentru același compus macromolecular liniar.

Compușii macromoleculari liniari pot prezenta *izomerie geometrică* în cazul cînd macromolecula conține duble legături, ca de exemplu la compușii obișnuiți din monomeri dienici, respectiv la cauciucul natural sau la elastomerii sintetici.

Configurația *cis* și *trans* a unităților structurale într-un compus macromolecular liniar este reprezentată în fig. I.7.

Compușii macromoleculari liniari pot prezenta și o stereoizomerie cu totul diferită, în cazul cînd în catena principală se găsesc atomi de carbon terțiari.

O macromoleculă rezultată din polimerizarea unui monomer vinilic conține $(n/2)$ atomi de carbon terțiari. Dintre aceștia, cei care se găsesc la extremitățile catenei sînt atomi asimetrici. În acest caz, constituția grupelor substituente poate fi atît de diferită încît pot rezulta adevărate cazuri de *izomerie optică*.

Macromoleculele sau macroionii care conțin atomi de carbon terțiari pot prezenta mai multe configurații în funcție de modul de aranjare a substituenților.

Structura izotactică este specifică pentru compușii macromoleculari care au toate grupele substituente dispuse de aceeași parte în planul catenei principale: fie deasupra pla-

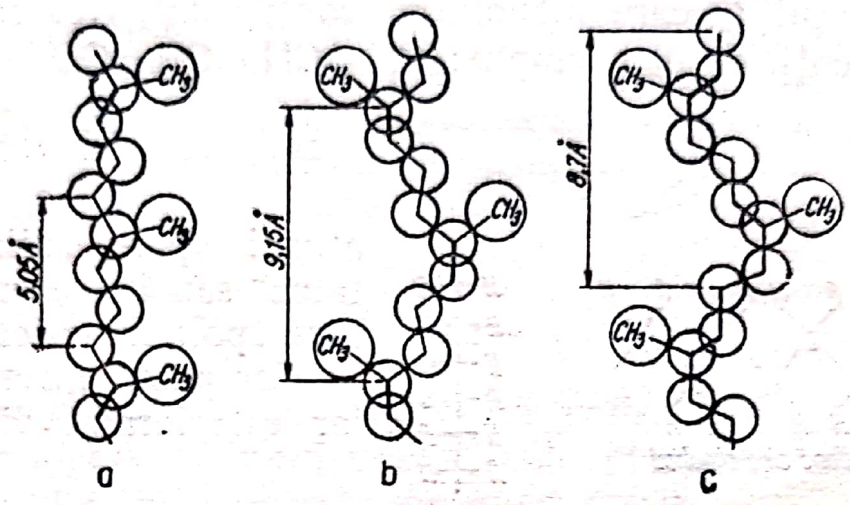


Fig. I.7. Reprezentarea izomeriei *cis-trans* în cazul poliisoprenului:
a — trans; b — trans; c — cis.

nului catenei, fie dedesubtul ei. Reprezentarea unei structuri izotactice este dată în fig. I.8.

Structura sindiotactică este specifică pentru compușii macromoleculari care au substituenții dispuși în mod alternativ cînd deasupra planului catenei principale, cînd dedesubtul ei. Reprezentarea unei structuri sindiotactice este dată în fig. I.9.

Structura atactică este specifică pentru compușii macromoleculari care au substituenții dispuși în mod dezordonat de-a lungul catenei principale. Reprezentarea structurii atactice este dată în fig. I.10.

După cum rezultă din reprezentările celor trei structuri, mo-

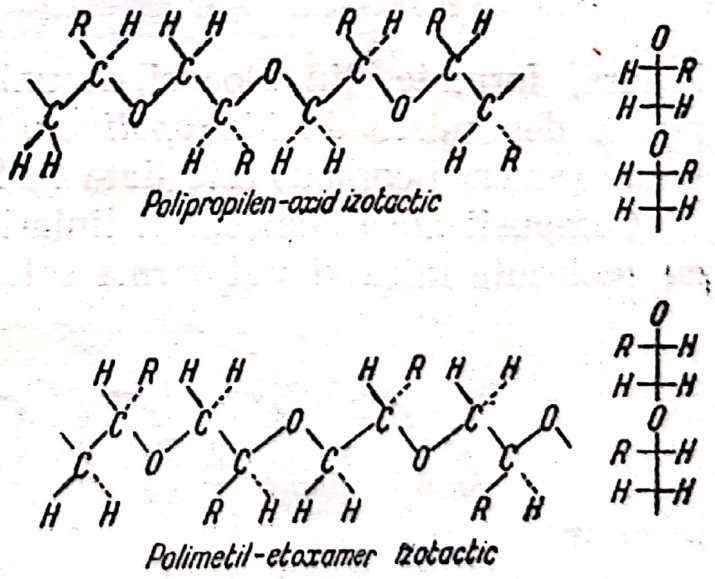
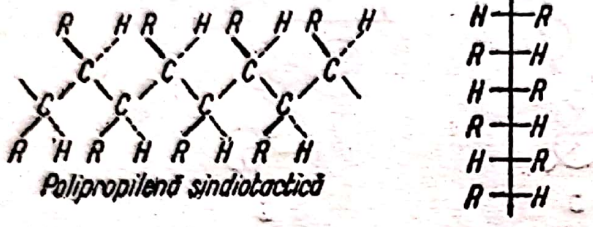


Fig. I.8. Reprezentarea unei structuri izotactice.

nomerii care stau la baza acestor compuși macromoleculari nu sînt toți de tip vinilic totuși unitățile structurale se adiționează în poziția „cap-coadă".

În cazul în care monomerii conțin doi, trei sau patru substituenți, ca de exemplu: CH=CH CH=CD CE=CD

A B A B A B



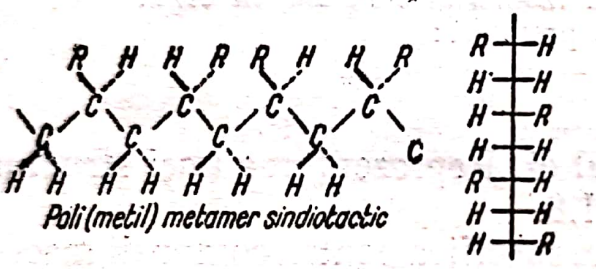


Fig. I.9. Reprezentarea unei structuri sindiotactice.

atunci apare „diizotacticitatea" sau în general structura „poliizotactică".

Compusul macromolecular este format din catene

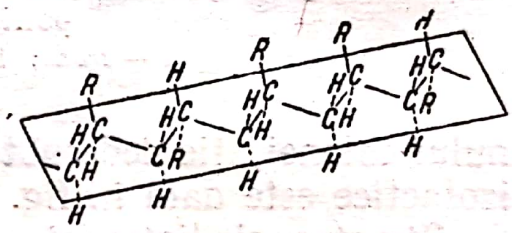


Fig. I.10. Reprezentarea unei structuri atactice.

liniare, formate din blocuri de unități structurale diferite poartă denumirea de *bloccopolimer*. Reprezentarea modelului unui asemenea compus este dată în fig. I.11.

Compușii macromoleculari liniari se dizolvă în dizolvanți cu molecula mică și pot forma soluții moleculare. În afară

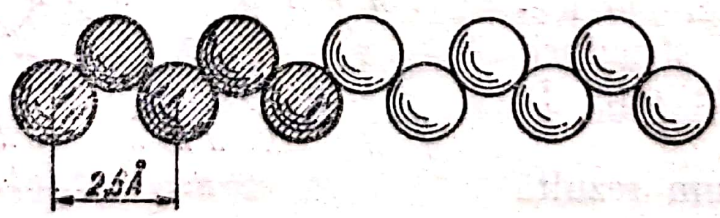


Fig. I.11. Reprezentarea unui bloccopolimer.

Scanned with OKEN Scanner

de *solubilitate* compuşii macromoleculari liniari prezintă *termoplasticitate* şi înaltă *elasticitate*.

Un compus macromolecular perfect liniar este un caz idealizat.

În realitate există şi cazuri în care compusul macromolecular prezintă unele *ramificaţii*. Aceste ramificaţii nu trebuie confundate cu grupele substituente. Grupele substituente oricît de mari nu constituie ramificaţii.

Ramificaţiile reprezintă adevărate catene laterale.

2. COMPUŞII MACROMOLECULARI RAMIFICAŢI

Aceşti compuşi sînt formaţi din molecule cu o structură bidimensională care nu e neapărat coplanară. Copolimerii grefaţi sau altoiţi prezintă asemenea ramificaţii.

Asemenea tipuri de compuşi macromoleculari se întîlnesc în cazul elastomerilor sintetici. Reprezentarea unui asemenea compus macromolecular ramificat este dată în fig. I.12.

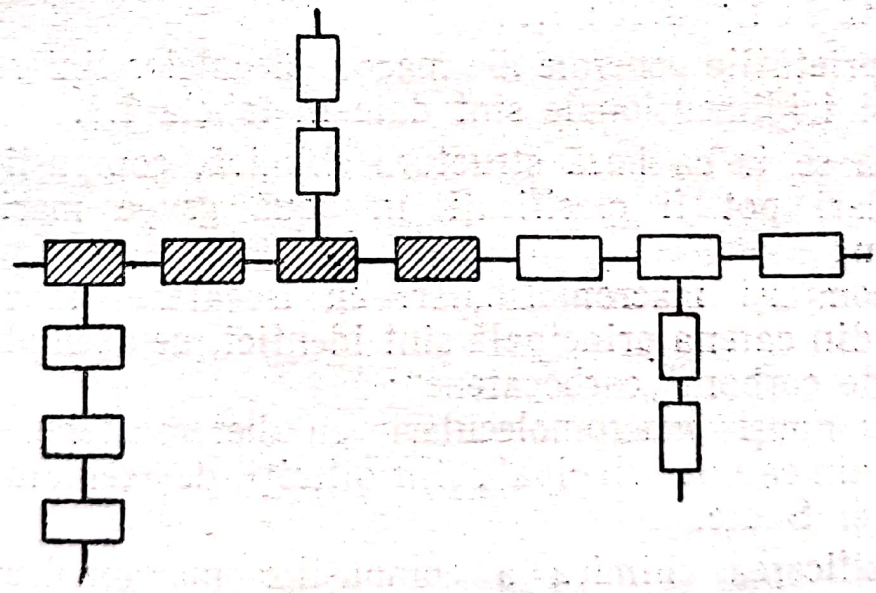


Fig. I.12. Reprezentarea unui compus macromolecular ramificat.

Dezvoltarea ramificaţiilor poate conduce la reticularea sau întreţeserea catenelor, formînd compuşii reticulaţi.

Proprietăţile compusului reticulat sînt diferite de cele ale compusului ramificat.

Acești compuși cu structură mai mult sau mai puțin *reticulată* sînt substanțe tridimensionale, în care înlănțuirea atomilor se face după cele trei coordonate spațiale. Substanțele tridimensionale se obțin din întrețeserea catenelor filiforme și se consideră că s-a format structura reticulară în momentul cînd apare starea de gel.

În cazul substanței cu structură tridimensională nu se mai deosebesc macromolecule sau macroioni individuali deoarece întreaga substanță formează o singură moleculă gigantă nelimitată ca volum și căreia nu i se poate atribui o masă moleculară.

Structura tridimensională conferă compusului macromolecular spațial proprietăți cu totul deosebite de cele ale compușilor liniari.

Astfel, un compus macromolecular tridimensional este insolubil, infuzibil, dur și lipsit de elasticitate înaltă.

Asemenea structuri se întîlnesc la compușii macromoleculari de tipul fenol-formaldehidic (rezite), elastomeri puternic vulcanizați etc. Reprezentarea structurii tridimensionale este dată în fig. I.13; I.14.

Proprietățile generale ale macromoleculelor liniare, ramificate și tridimensionale sînt date în tabela I.1.

Dacă se ia ca bază structura chimică, compușii macromoleculari pot fi clasificați în două grupe mari ca de exemplu:

— compuși macromoleculari cu isocatene, în care toți atomii din catena principală sînt identici, de exemplu numai atomi de carbon, „carbocatene";

— compuși macromoleculari cu heterocatene, în care atomii din catena principală sînt diferiți, de exemplu: N și C sau C și S etc.

Clasificarea chimică a compușilor macromoleculari se bazează pe natura structurii chimice a catenei principale și ia în considerație faptul că deosebirea dintre unitatea structurală și monomer în cazul compușilor vinilici constă numai în schimbarea configurației orbitalului electronic.

$$\left[-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-CH_2-\right]_n ; \qquad CH_2=\underset{\underset{R}{|}}{CH}$$

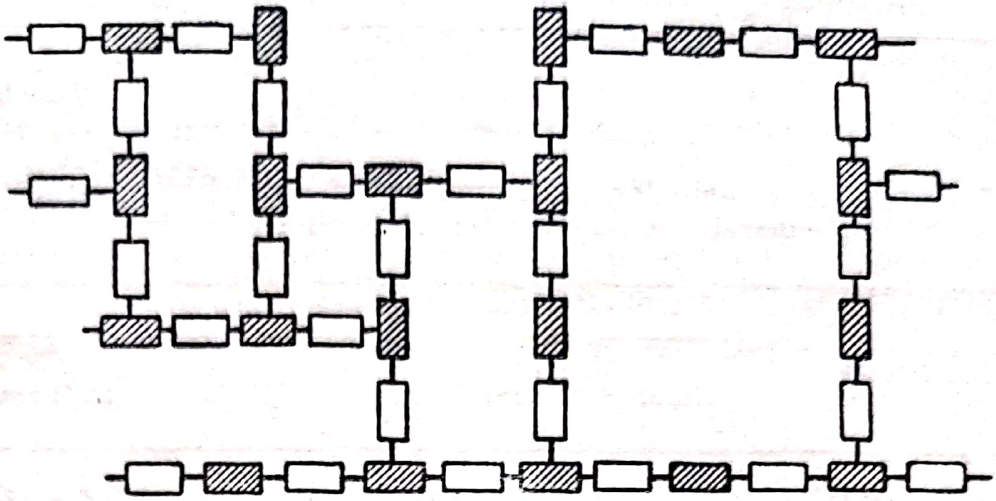
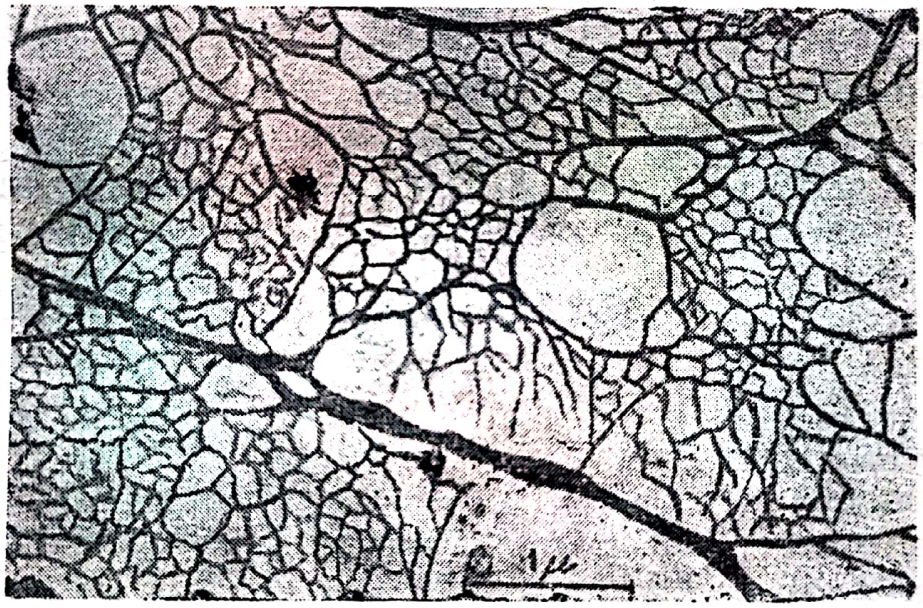


Fig. I.13. Reprezentarea schematică a unui compus tridimensional.



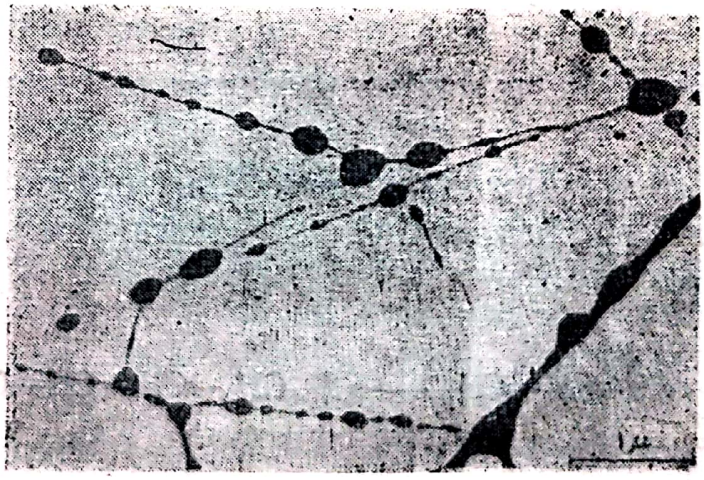


Fig. I.14. Reprezentarea unui compus cu structura întreţesută. Fotografii obţinute cu microscopul electronic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1.1

Proprietățile compușilor macromoleculari liniari și ramificați, comparate cu ale substanței tridimensionale

Proprietatea	Compusul macromolecular			
	liniar	ramificat	reticulat puțin	tridimensional
În stare solidă poate fi:	fibră	fibră	pulbere	dur, sfărîmicios
$\overline{M}$ =	10.10^3–50.10^3	10.10^3–50.10^3	10.10^3–50.10^3	
Solubilitatea	bună	bună	slabă	insolubil
Îmbibarea	maximă	maximă	slab	nu
Viscozitatea soluției de 1%	mare	mare	mică	nu se poate determina
Exemple:				
Polidiene	1-4 poli-isopren	1-2 poli butadienă	cauciuc slab vulcanizat	ebonită
Polizaharide	celuloză	amidonul	glicogenul	celuloză reticulată
Compuși macromoleculari sintetici	Polietilena Polistiren Poliesteri	copolimeri grefați	Copolimer Stiren + Divinil-benzen	Rezite

În cazul compușilor macromoleculari obținuți din monomeri dienici structura unității structurale se deosebește de cea a monomerului.

$$n\,CH{=}CH{-}CH{=}CH_2 \longrightarrow [-CH_2-CH{=}CH-CH_2-]_n$$

Compușii macromoleculari obținuți prin policondensare au o structură deosebită a unității structurale de cea a substanțelor inițiale de reacție.

Astfel, pentru scoaterea în evidenţă a naturii de compus macromolecular se foloseşte prefixul „poli", după aceasta în paranteză mare se va arăta numărul şi poziţia substituenţilor, precum şi conţinutul procentual al fiecăruia dintre ei; în paranteze mici se va arăta denumirea unităţii structurale.

Compuşii macromoleculari pot fi denumiţi după această nomenclatură astfel:

polietilenă — polimetilenă;
polistiren — polifeniletilenă;
copolimer de acetat de vinil şi clorură de vinil, policlor 75-acetoxi — 25 etilenă;
policlorură de viniliden — poli-1,1-diclor-etilenă.

Proprietăţile fizice ale compuşilor macromoleculari sînt cu atît mai interesante, cu cît ele determină o mare parte din ansamblul de utilizări practice ce li se pot conferi.

Spre deosebire de compuşii cu molecula mică, compuşii macromoleculari prezintă un complex de proprietăţi fizice.

Proprietăţile fizice ale compuşilor macromoleculari sînt determinate de natura stării lor cristaline şi amorfe, de raportul fazelor stării cristaline şi amorfe, de natura şi mărimea forţelor intermoleculare, de natura grupării catenelor în pachete, respectiv de „compactitatea catenelor", precum şi de natura distribuirii catenelor în masa compusului.

Multă vreme s-a considerat că structura compuşilor macromoleculari este integral amorfă.

Ulterior, pe baza studiilor cu raze X, s-a constatat că compuşii macromoleculari reprezintă un caz diferit, datorită faptului că prezintă concomitent atît structura amorfă, cît şi structura cristalină.

Astăzi este pe deplin stabilit faptul că se pot obţine compuşi macromoleculari cu structură cristalină, mai mult chiar, se poate demonstra existenţa monocristalelor macromoleculare.

Este cunoscut faptul că structurii cristaline îi corespunde o strictă regularitate geometrică în aranjarea particulelor materiale. De asemenea, se ştie că specificul stării amorfe constă în distribuirea la întîmplare, fără nici o ordine, a particulelor materiale. Astfel, unii compuşi macromoleculari

Scanned with OKEN Scanner

au catene fie situate la întîmplare una față de alta, cu alte cuvinte, structural, lipsite de orice formă, ceea ce corespunde stării amorfe, fie posedînd o anumită regularitate geometrică în aranjarea catenelor una față de alta, ceea ce corespunde stării apropiate de starea cristalină.

În structura multor compuși macromoleculari aceste două faze structurale se întrepătrund, fapt care conduce la proprietăți cu totul specifice.

Prima reprezentare a structurii microcristaline a compușilor macromoleculari a fost aceea de cristalită. Cristalitele au fost definite ca particule materiale caracterizate printr-o distribuție geometrică regulată a elementelor structurale. Elementul structural din cristalite fiind segmentul de macromoleculă și nu molecula însăși.

Astfel, catena unei macromolecule se poate repartiza în mai multe faze structurale, și anume: o parte din catenă poate participa la formarea de cristalite, și altă parte formează zone amorfe.

Cristalitele, spre deosebire de cristalele obișnuite nu au o formă geometrică cu simetrie caracteristică și sînt separate unele de altele prin porțiuni din catena macromoleculei cu structura amorfă.

În general, s-a considerat că numai compușii macromoleculari cu structură filiformă, ca de exemplu: poliamidele, poliesterii, polietilena etc., pot avea structuri microcristaline cu o fază bogată în cristalite.

Substanțele cu structură reticulară, tridimensională sau globulară, de tipul bachelitelor sau altele, nu prezintă fenomenul de cristalizare și nici cristalite.

Factorii care pot împiedica apariția, respectiv anihilarea forțelor intermoleculare, pot distruge posibilitățile de formare a cristalitelor.

Cu ajutorul difracției razelor X s-au putut determina structurile multor cristalite. Se pare că unii compuși macromoleculari pot avea diferite tipuri de cristalite. Probabil că polimorfismul reprezintă un fenomen mai obișnuit în cazul compușilor macromoleculari decît în cazul substanțelor cu molecula mică.

Scanned with OKEN Scanner

Compușii macromoleculari se pot forma prin mai multe tipuri de reacții chimice ca de exemplu reacții de polimerizare, reacții de policondensare, reacții de poliadiție.

C. REACȚII DE OBȚINERE A COMPUȘILOR MACROMOLECULARI

1. POLIMERIZAREA

Reacția chimică prin care micromoleculele unei substanțe chimice se transformă în macromolecule sau macroioni este denumită *polimerizare*.

Polimerizarea se poate desfășura în funcție de condițiile de reacție prin mai multe mecanisme, toate acestea decurg însă prin reacții de adiții bimoleculare.

Indiferent de natura mecanismului de reacție, pînă în ultima etapă se formează homomacromolecule.

Mecanismele prin care se pot desfășura reacții de polimerizare sînt următoarele:

— mecanism înlănțuit de natură radicalică;

— mecanism înlănțuit de natură ionică (cationic sau anionic);

— mecanisme în trepte de natură ionică: (anionic coordinativ sau cationic coordinativ).

În funcție de natura substanței chimice, reacția de polimerizare poate fi de mai multe tipuri ca de exemplu:

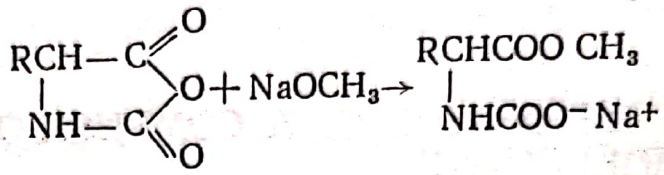
Homopolimerizarea, reacția chimică în care moleculele aceluiași monomer se adiționează fie prin radicali liberi, fie prin ioni pentru a forma un compus macromolecular liniar:

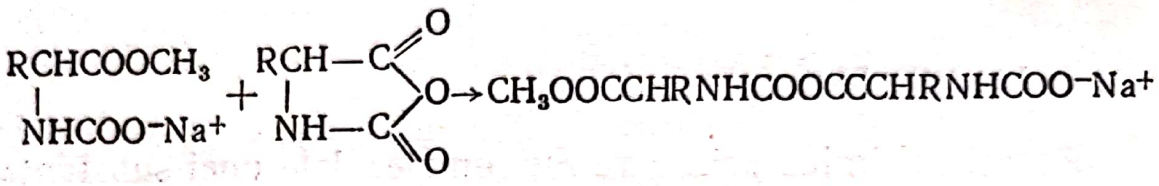
$$n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} \longrightarrow \left(-CH_2-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-\right)_n$$

R este un subtituent oarecare.

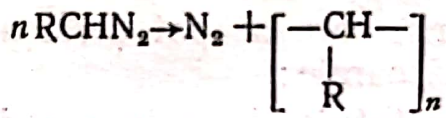
Polimerizarea decarboxilantă, reacția chimică în care moleculele unei substanțe chimice date, pierd CO_2 în decursul

adiției și astfel se formează compușii macromoleculari liniari de tipul polipeptidelor:

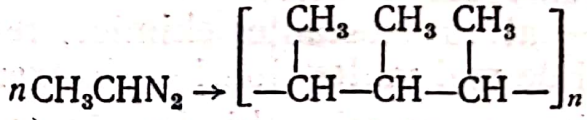




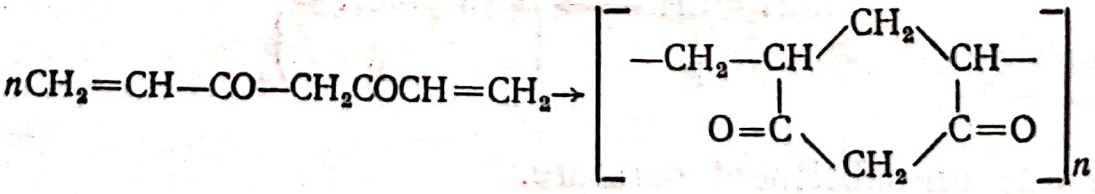
Polimerizarea radicalilor liberi este reacția chimică prin care se pot forma compușii macromoleculari pornind de la radicali liberi pe care îi formează diazoalcanii, prin scindarea lor, ca de exemplu:



Prin acest tip de polimerizare se pot obține și compuși macromoleculari cu cîte un substituent la fiecare atom de carbon

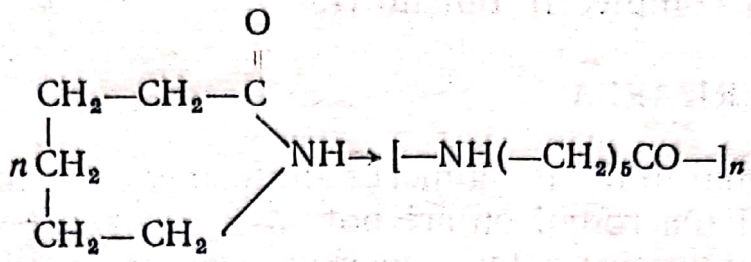


Ciclopolimerizarea reprezintă reacția prin care moleculele unui monomer se transformă în macromolecule ale căror catene principale conțin cicluri ca de exemplu:

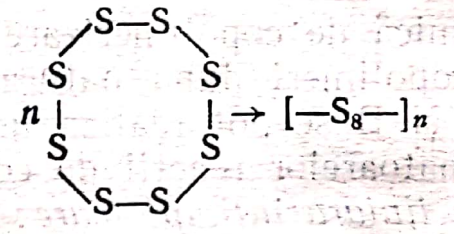


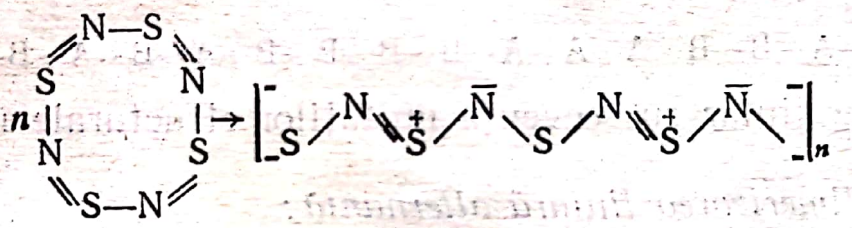
Polimerizarea prin deschidere de cicluri sau deciclopolimerizarea reprezintă reacția prin care moleculele unui mono-

mer ciclic se transformă în macromolecule cu catene liniare ca de exemplu:

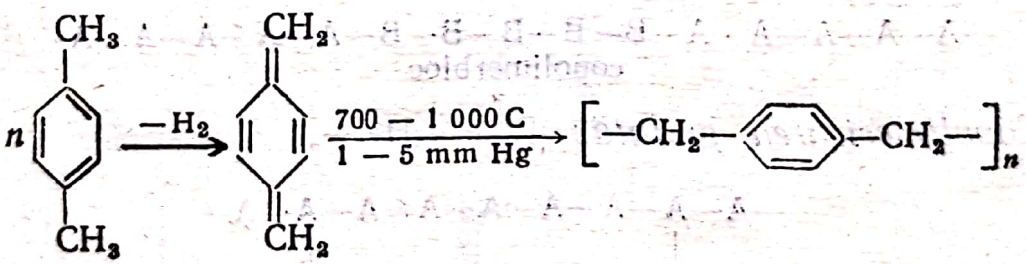


Prin deschidere de ciclu se pot obține și unii compuși macromoleculari anorganici ca de exemplu cei ai sulfului:





Polimerizarea prin dehidrogenare termică este reacția prin care la dehidrogenarea unei substanțe chimice se formează compuși macromoleculari, ca de exemplu:



Polimerizarea prin complexare este o metodă nouă de obținere a unor polimeri de un tip necunoscut înainte și constă în aplicarea reacțiilor de complexare pentru construirea catenei.

În acest caz, reacția se efectuează într-un complex care conține cîteva grupe complexante și ionii unui metal sau ai unor complecși mai simpli, cum sînt acetil-acetonații metalelor.

Astfel, se obțin structuri chelatice, care sînt complecși interni heterociclici, cu atomul metalic în centru, mult mai stabil decît complecșii obișnuiți.

2. COPOLIMERIZAREA

Doi sau mai mulți monomeri care formează în mod normal omocompușii macromoleculari pot să-și încorporeze unitățile structurale în aceeași catenă macromoleculară realizînd astfel un compus macromolecular denumit copolimer. În acest caz „comonomerul" poate fi oricît de variat ca natură chimică și structură.

În reacția chimică de copolimerizare se pot forma mai multe tipuri de copolimeri după natura procesului. Astfel din monomerii A și B se pot realiza următorii copolimeri ca rezultat al următoarelor reacții de copolimerizare:

Copolimerizarea liniară întîmplătoare:

—A—B—B—A—A—A—B—B—B—B—A—B—A—B—

copolimer liniar cu secvența unităților structurale întîmplătoare.

Copolimerizarea liniară alternantă:

—A—B—A—B—A—B—A—B—

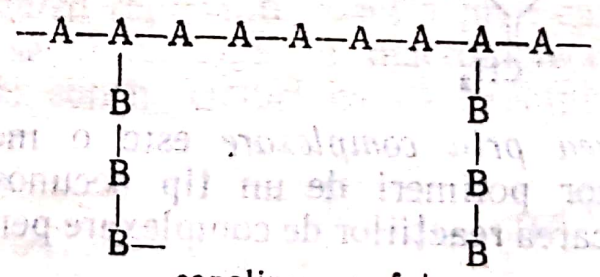
copolimer liniar cu secvența unităților structurale alternantă.

Copolimerizarea liniară-bloc:

—A—A—A—A—A—B—B—B—B—B—A—A—A—A—A—

copolimerbloc

Copolimerizarea grefată:



copolimer grefat

Și în acest caz formarea compușilor macromoleculari se poate desfășura prin mai multe mecanisme de reacție care în general pot fi cele expuse la polimerizare.

Amestecul de copolimeri omologi obținuți în procesul de copolimerizare prezintă caracteristici similare ca și polimerii omologi.

3. POLICONDENSAREA

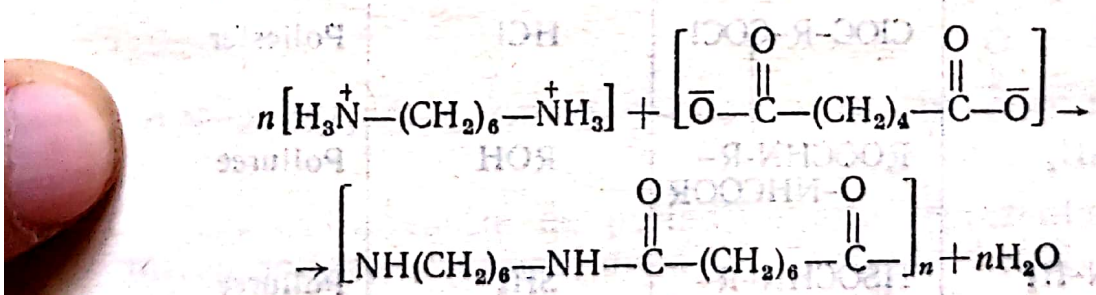
Reacția chimică de policondensare are loc atunci cînd două molecule care dețin funcțiuni diferite sînt puse în condiții de reacție astfel încît să se formeze un compus macromolecular și în același timp să se elimine o moleculă de produs secundar ca de exemplu:

$$nA + nB \rightarrow (AB) + nC\uparrow$$

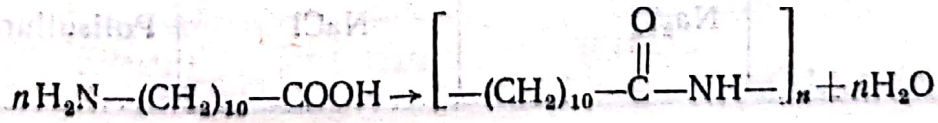
$$A=HOOCRCOOH;\quad B=H_2NR'NH_2;\quad C=H_2O$$

După cum rezultă din schema idealizată, produsul secundar cu moleculă mică care se elimină la formarea compusului macromolecular prin reacția de policondensare este H_2O, dar în funcție de natura funcțiunilor folosite, acesta poate să fie foarte variat ca de exemplu: HCl, ROH; NaCl, NH_3 etc.

Un exemplu interesant de reacție de policondensare este formarea poliamidelor din hexametilen-diamină și acid adipic care decurge după următoarea schemă de reacție:



Sînt cazuri în care procesul de policondensare poate fi realizat numai cu un singur component care prezintă două funcțiuni diferite ca de ex.:



Pentru obținerea compușilor macromoleculari prin reacția de policondensare se pot folosi cele mai variate clase de substanțe chimice ca de exemplu cele prezentate în tabela I.2.

Tabela I.2

Clasele mai importante de substanțe chimice și compuși macromoleculari rezultați în reacția de policondensare

Substanțele folosite		Produsul secundar eliminat	Compusul macromolecular format
A	*B*	*C*	
HO–R–OH	HOOC–R–COOH	H_2O	Poliester
H_2–N–R–NH_2	HOOC–R–COOH	H_2O	Poliamidă
HOOC–R–COOH	HOOC–R–COOH	H_2O	Polianhidridă
H_2N–R–NH_2	ClOC–R–COCl	HCl	Poliamidă
HS–R–SH	Cl–R–Cl	HCl	Politioeter
ClO_2S–R–SO_2Cl	H_2N–R–NH_2	HCl	Polisulfonamidă
HO–R–OH	ClOC–R–COCl	HCl	Poliester
H_2–N–R–NH_2	ROOCHN-R–-NHCOOR	ROH	Poliuree
H_2N–R–N–H_2	HSOCHN–R–-NH–COSH	SH_2	Poliuree
HO–R–COOH	—	H_2O	Poliester
ClRCl	Na_2S_x	NaCl	Polisulfură

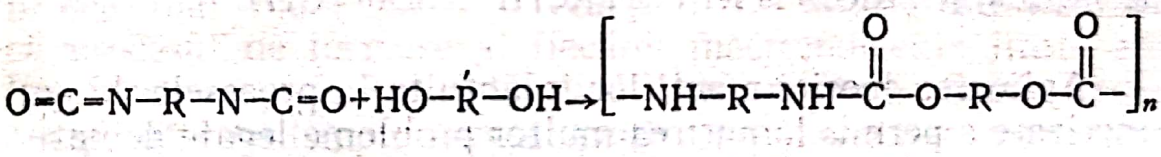
Compușii macromoleculari rezultați din procesul de policondensare au compoziția diferită de compoziția substanțelor inițiale.

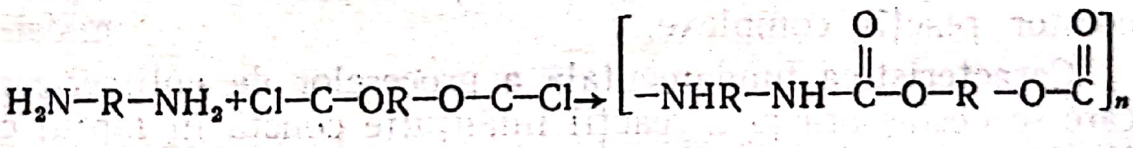
O particularitate a procesului de policondensare constă în faptul că alături de compușii cu greutate moleculară mare se obțin ca rezultat final și compușii macromoleculari oligomeri. Oligomerii conțin drept capete terminale aceleași tipuri de funcțiuni chimice ca și substanțele inițiale de la care s-a pornit, însă au greutăți moleculare mici; (dimeri, trimeri, tetrameri etc).

4. POLIADIȚIA

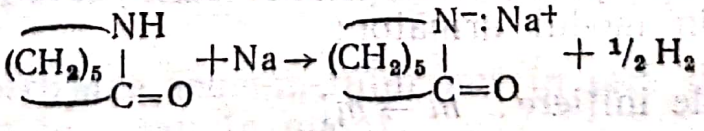
Reacția chimică în care participă moleculele a două substanțe chimice cel puțin bifuncționale și care permite formarea compușilor macromoleculari, fără ca în timpul reacției să se elimine vreun produs secundar cu molecula mică, a fost denumită *poliadiție* sau *polimerizare prin transfer de hidrogen*.

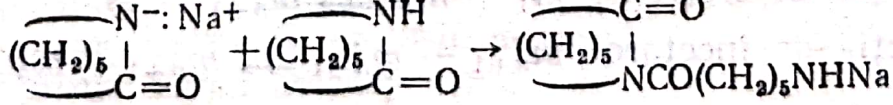
Acest tip de reacție poate conduce la cele mai variate clase de compuși macromoleculari ca de exemplu: poliuretani, poliepoxizi, poliizocianați etc.



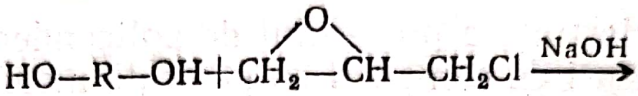


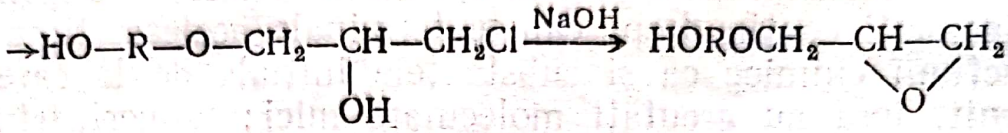
Tot ca o reacție de poliadiție este reprezentată și formarea policaprolactamei după W. C. Hanford și R. M. Joice:

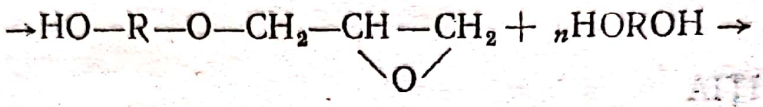


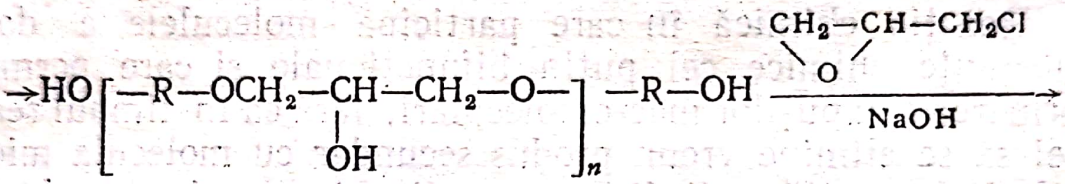


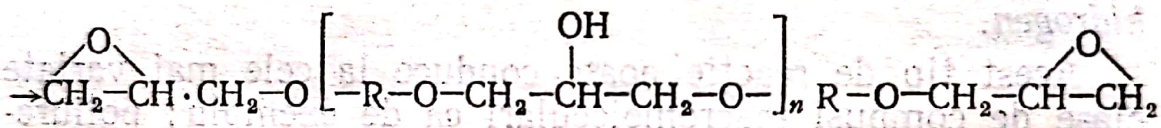
Formarea compușilor macromoleculari poliepoxidici are loc tot printr-o reacție de poliadiție:











5. POLIMERIZAREA PRIN REACȚII ÎNLĂNȚUITE

Aplicarea teoriei reacțiilor înlănțuite la procesele de polimerizare a permis lămurirea multor probleme legate de natura acestor reacții complexe.

Caracteristica fundamentală a proceselor de polimerizare care se desfășoară prin reacții înlănțuite constă în faptul că în timpul reacțiilor cinetice are loc o creștere a catenelor moleculare, ceea ce corespunde cu formarea macromoleculelor.

În acest caz, procesul de polimerizare poate fi reprezentat schematic în modul următor:

reacția de inițiere: $m \rightarrow m_1^{\cdot}$ (I.1)

reacția de creștere: $m_1^{\cdot} + nm \longrightarrow m_{n+1}^{\cdot}$ (I.2)

reacția de încetare: $m_{n+1}^{\cdot} + m_{n+1}^{\cdot} \longrightarrow m_{n+1} - m_{n+1}$ (I.3)

Reacția de inițiere (I.1) transformă moleculele de monomer în centre active. Această reacție are loc sub acțiunea radiațiilor energiei termice sau a substanțelor denumite inițiatori (peroxizi, hidroperoxizi, persulfați).

Reacția de dezvoltare, creștere sau propagare a centrelor active (I.2), cu formarea lanțurilor de reacție, duce la formarea radicalilor polimeri m_{n+1}; radicalii polimeri pot fi considerați ca produse intermediare ale proceselor de polimerizare.

Întreruperea sau încetarea creșterii lanțului de reacție (I.3) duce la formarea produselor inactive, respectiv a polimerului inactiv sau a polimerului „mort".

Reacția de inițiere, creșterea și întreruperea creșterii catenei sînt reacții (elementare) fundamentale ale procesului de polimerizare. Macromoleculele se formează ca rezultat al procesului care trece prin toate aceste etape.

O particularitate importantă a polimerizării prin radicali liberi se poate observa urmărind periodic amestecul de reacție în cursul procesului de polimerizare. S-a găsit că în orice moment, sistemul este alcătuit numai din moleculele monomerului și din macromoleculele formate din acesta. Cu toate că toată cantitatea de macromolecule crește în decursul timpului, masa lor moleculară rămîne aproximativ constantă în cea mai mare parte a reacției. De aceea, este evident că procesul de formare al fiecărei macromolecule finite are loc foarte repede și se termină într-un timp foarte scurt comparativ cu timpul necesar pentru polimerizarea întregului sistem.

D. PROCEDEE DE POLIMERIZARE ȘI COPOLIMERIZARE

Tehnica polimerizării cunoaște mai multe procedee principale:

— polimerizarea monomerului pur în fază lichidă (polimerizarea în bloc sau în masă);
— polimerizarea în soluție;
— polimerizarea în emulsie apoasă;
— polimerizarea în suspensie.

Scanned with OKEN Scanner

1. POLIMERIZAREA ÎN BLOC

Polimerizarea în bloc poate fi efectuată prin introducerea unui amestec de monomer cu inițiator, în forme și încălzirea acestor forme la temperatură riguros controlată. După terminarea polimerizării, polimerul solid poate avea forma de blocuri, plăci, bare, cum și cea de semifabricate simple care urmează a fi prelucrate mecanic în produse finite.

Un progres important s-a realizat prin dezvoltarea *procedeului continuu* de polimerizare a monomerului pur. În acest procedeu monomerul parcurge continuu o serie de zone de reacție (de obicei vase sau turnuri de reacție) menținute la o temperatură constantă, dar mereu crescîndă. Polimerul finit este evacuat în stare topită sub formă de bandă sau de bară. Se polimerizează în bloc industrial metacrilatul de metil, stirenul, etilena, vinil-carbazolul, vinil-pirolidona etc.

2. POLIMERIZAREA ÎN SOLUȚIE

Polimerizarea în soluție poate fi efectuată după două variante. *După prima variantă* se folosește un dizolvant în care sînt solubili atît monomerul, cît și polimerul obținut. În acest caz produsul final este alcătuit dintr-o soluție de polimer în dizolvant (lac) și poate fi utilizat ca atare sub formă de lac. Polimerul poate fi separat prin distilarea dizolvantului, sau prin precipitare cu un alt lichid, în care polimerul este insolubil. *După a doua variantă*, polimerizarea se efectuează într-un dizolvant în care este solubil numai monomerul. În acest caz polimerul rezultat se depune din soluție sub formă de suspensie fină și poate fi separat prin filtrare sau centrifugare urmată de spălare și uscare. Se polimerizează curent în soluție: acetatul de vinil, stirenul, isoprenul, butadiena, izobutilena etc.

3. POLIMERIZAREA ȘI COPOLIMERIZAREA ÎN EMULSIE APOASĂ

Această metodă modernă a permis industrializarea pe scară largă a reacției de polimerizare și copolimerizare. În cazul unor polimeri, este aproape singurul procedeul tehnic

Scanned with OKEN Scanner

utilizabil avînd o serie de avantaje esențiale față de celelalte procedee.

Polimerizarea în emulsie se efectuează la temperaturi mai joase ca cea în bloc sau soluție, avînd viteze mari, obținîndu-se polimeri cu greutăți moleculare mult mai mari. De asemenea polimerii sînt mai unitari din punctul de vedere al repartiției maselor moleculare.

Folosirea fazei eterogene creează posibilitatea reglării temperaturii, transferului caloric precum și al altor parametri. Polimerizarea în faza eterogenă creează posibilitatea variației din punct de vedere chimic și cantitativ a componenților și micșorarea rolului reacțiilor secundare: transfer de catenă.

Viteza de polimerizare în faza eterogenă emulsie-suspensie față de faza omogenă bloc-soluție, în condiții de temperatură și concentrație de inițiator egale este de 10—15 ori mai mare, fără a afecta greutatea moleculară. Aparatura devine mult mai productivă în acest caz.

Viscozitatea la polimerizarea în emulsie crește practic insensibil.

Monomerul nereacționat poate fi recuperat.

Produsul final al procesului de polimerizare în emulsie — latexul sintetic — în unele cazuri poate fi folosit direct, fără a necesita separarea polimerului din el.

Particularitățile esențiale ale polimerizării în emulsie constau în faptul că monomerul se află în formă de picături foarte mici în faza apoasă. De asemenea, datorită prezenței emulgatorului și efectului agitării, există posibilitatea formării emulsiei de tip ulei în apă — emulsie care are o suprafață activă mare.

În general, în procesul de polimerizare în emulsie în afară de componenții obișnuiți ai procesului de polimerizare, monomer și inițiator, se introduc și alți componenți.

Sistemul de polimerizare în emulsie poate îngloba pînă la 8 componenți, fiecare avînd participarea sa specifică. Sistemele curente de polimerizare și copolimerizare conțin componenții:

— apa — mediu de dispersie;
— monomer;

— inițiator solubil în faza de dispersie;
— emulgător;
— regulator de *p*H/sistem Buffer sau substanțe-tampon;
— regulator de tensiune superficială;
— regulator de catenă;
— stabilizator de emulsie.

Ansamblul acestor componenți constituie mediul propriu de polimerizare în emulsie.

Alegerea uneia sau alteia dintre substanțele care au o destinație precisă variază de la caz la caz și mai des e determinată de natura polimerului care rezultă.

Cantitățile folosite din unul sau altul dintre componenți sînt determinate de cantitatea și utilizarea produsului finit. Polimerii care se obțin prin procedeul de polimerizare în emulsie sînt: polistirenul, policlorura de vinil, poliacetatul de vinil, polimetacrilatul de metil, copolimerul butadienă-stiren sau α-metil-stiren și alții.

4. POLIMERIZAREA ÎN SUSPENSIE SAU POLIMERIZAREA ÎN BILE SAU PERLE

Această metodă, care se caracterizează prin utilizarea inițiatorilor insolubili în apă, dar solubili în monomer, (este tot o polimerizare în mediu apos). Drept inițiator se poate folosi peroxidul de benzoil care se dizolvă în monomer iar apoi soluția obținută se dispersează în apă. Drept agenți de protecție se folosesc coloizii macromoleculari hidrofili ca de exemplu alcoolul polivinilic, în concentrații relativ mari (3—5%). Funcție de concentrație și de condițiile de agitare se pot forma picături relativ mari de monomer (0,1—5 mm) care sînt protejate împotriva coagulării. Sub acțiunea inițiatorului, procesul de polimerizare se desfășoară în interiorul picăturilor mari de monomer. Chiar fără adaos de electroliți, produsul de polimerizare se depune cu ușurință. Coloidul de protecție macromolecular se poate îndepărta prin spălare datorită suprafețelor specifice mici a granulelor mari și datorită forțelor slabe de adsorbție. Cu cît gradul de dispersie al monomerului în faza apoasă este mai mare, cu atît poli-

Scanned with OKEN Scanner

merizarea în suspensie e mai apropiată de polimerizarea în emulsie, ca produs finit. Se polimerizează în suspensie: stirenul, metilacrilatul, acetatul de vinil etc.

E. POLIMERII OBȚINUȚI PRIN POLIMERIZARE ȘI COPOLIMERIZARE

1. POLIHIDROCARBURILE SATURATE

Polietilena $(—CH_2—CH_2—)_n$ se obține prin polimerizarea înlănțuită de natură radicalică la presiuni înalte, prin polimerizarea ionică la o presiune medie sau la presiune atmosferică.

Polimerizarea etilenei la presiuni între 1 000 și 2 000 at se efectuează la temperatura de 100—180°C în prezența inițiatorilor: oxigen molecular sau peroxizi organici. Macromoleculele polietilenei obținute la presiune înaltă nu sînt liniare, ci conțin și ramificații laterale.

După Ziegler, polimerizarea etilenei se efectuează la presiunea atmosferică în prezența R_3Al și TiX_4. Reacția are loc în mediu de dizolvanți nepolari hexan, heptan, benzine, în absența completă a umidității și a oxigenului.

Polietilena se poate obține și prin polimerizarea etilenei la 20—30 at în prezența oxizilor metalici, de exemplu Cr_2O_3 sau CrO_3 pe suport de $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ drept catalizatori (după Phillips).

Polietilena obținută după metodele Ziegler și Phillips are o structură liniară respectiv o densitate mai mare, un grad de cristalizare și o temperatură de topire mai mare decît cea obținută la presiune înaltă.

Proprietățile polietilenei obținute prin diverse metode sînt date în tabela I.3.

Polietilena nu este solubilă la temperatura 20°C în nici un dizolvant. La temperaturi peste 70°C se inbibă și se dizolvă în tetralină, diclor-benzen, triclor-etilenă, cloroform, toluen, xilen; prin răcire, polimerul se separă din soluție. Are stabilitate chimică mare și este impermeabilă la apă, are indici fizico-mecanici și dielectrici foarte buni.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela I.3

Proprietățile polietilenei

Polietilena	Grad de cristalinitate, %	Temperatura de topire 0°C	Masa moleculară medie	Greutatea specifică gf/cm³
De presiune mare	55—65	110—125	25—35 000	0,92—0,95
După metoda Ziegler	80—90	141	10^5—10^6	0,953—0,957
După metoda Phillips	75—85	144	100 000	0,966

Polietilena se utilizează în industria electrotehnică în radiotehnică, ca material de acoperiri anticorosive și în industria chimică, pentru confecționarea de pelicule pentru ambalaje, pentru impregnare de țesături, hîrtie, lemn.

Polipropilena. Prin polimerizare ionică coordinativă se obține un compus macromolecular cu masă moleculară mare:

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\right]_n$$

Polipropilena stereospecifică este un polimer cristalin cu indici fizico-mecanici și fizico-chimici buni. Temperatura de topire este 164—170°C; greutatea specifică 0,9 gf/cm³, masa moleculară 60 000—200 000.

Polipropilena este stabilă la acțiunea agenților chimici chiar la temperaturi mari. La temperatura obișnuită nu se dizolvă în nici un dizolvant, la 80°C și peste această temperatură se dizolvă în hidrocarburi aromatice și în derivații halogenați ai alcanilor.

Poliizobutilena se obține prin polimerizarea ionică a izobutilenei la temperaturi de ordinul —80°C. În calitate de catalizatori se utilizează BF_3, $AlCl_3$ și $TiCl_4$.

Polimerul obținut astfel se numește Opanol sau Vistanex și are masa moleculară 200 000 — 400 000, greutatea specifică 0,91—0,93 gf/cm³, se dizolvă în hidrocarburi și în derivații lor halogenați. Este un produs similar cauciucului,

stabil la acțiunea apei, acizilor și bazelor slabe; se caracterizează prin indici dielectrici buni, iar proprietățile fizico-chimice nu variază într-un interval larg de temperatură (de la—50°C la +100°C).

Poliizobutilena se utilizează ca material electroizolant, pentru cauciucarea pînzei și ca material anticorosiv. Copolimerii izobutilenei cu izopropenul dau cauciucuri sintetice importante, denumite butilcauciuc.

Polistirenul se obține prin polimerizarea stirenului în emulsie sau în bloc cu inițiatori peroxidici.

De asemenea se poate obține și prin polimerizare ionică.

Polistirenul tehnic are masa moleculară 70 000—200 000; s-au obținut și polimeri cu masa moleculară de circa 6 000 000. Temperatura stării sticloase a polistirenului este de 80°C, greutatea specifică 1,05—1,07 gf/cm³. Este solubil în hidrocarburi aromatice și derivați halogenați, stabil la acțiunea alcoolilor, apei, acizilor și alcaliilor; este un dielectric foarte bun, dar are rezistență mecanică și stabilitate termică relativ reduse (prin încălzire la aer începe să se descompună la 150°C, în absența oxigenului este stabil pînă la 250°C).

Polistirenul izotactic cristalin are temperatura de topire 230°C, o densitate mare (1,1 gf/cm³) și indici fizico-mecanici mult mai mari decît polistirenul atactic.

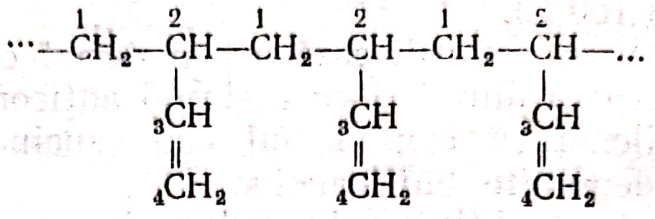
Polistirenul se utilizează în special ca material electroizolant, în instalațiile de curenți de înaltă frecvență, în radiotehnică și televiziune și pentru fabricarea materialelor plastice spongioase (o masă plastică ușoară cu bule de aer). Copolimerii stirenului cu butadiena se utilizează în industria cauciucului sintetic.

Polibutadiena $[—CH_2—CH=CH—CH_2—]_n$. Polibutadiena s-a obținut mult timp exclusiv prin polimerizarea butadienei prin metoda polimerizării în bloc în prezența sodiului metalic. În prezent, polibutadiena se obține prin polimerizarea în emulsie în prezența inițiatorilor peroxidici sau a compușilor diazoici, precum și prin polimerizarea la temperatură joasă în prezența complecșilor de tip Ziegler-Natta.

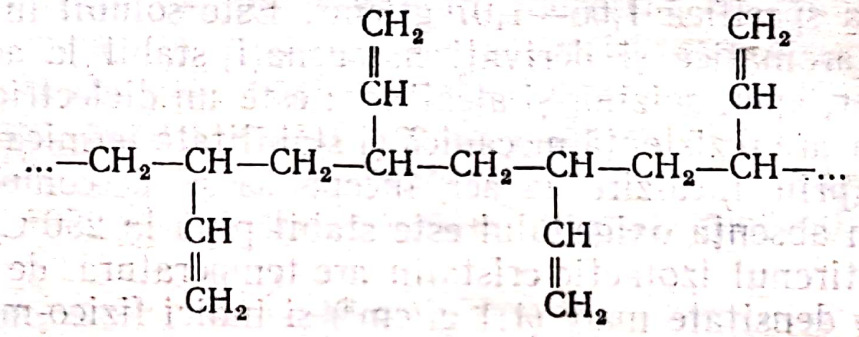
Prin polimerizarea inițiată de radicali, moleculele de butadienă se pot uni în pozițiile 1,4 cu formarea de polimeri liniari cu legături duble în catena principală:

$$...—CH_2—CH = CH—\overset{1}{C}H_2—\overset{4}{C}H_2—CH = CH—CH_2—...$$

sau în poziția 1,2 cu formarea de polimeri cu grupe laterale, care conțin duble legături:



Macromoleculele de cauciuc butadienic conțin probabil și catene laterale mai mari. S-a obținut de asemenea un polimer cristalin sindiotactic, ale cărui unități structurale sînt unite numai în poziția -1,2:



Masa moleculară a polibutadienei tehnice este între 80 000 și 450 000, greutatea specifică 0,89—0,92 gf/cm³. Se dizolvă în benzen, în derivații halogenați și alchilați ai benzenului, în derivații halogenați din seria alifatică. Cauciucul polibutadienic se utilizează pentru fabricarea camerelor auto, pentru încălțămintea de cauciuc și a altor articole de cauciuc precum și a ebonitei.

Copolimerii butadienei cu stirenul sau α-metil stirenul (SKS) și (GRS) și cu acrilonitrilul (SKN, GRN Buna N) sînt cele mai răspîndite tipuri de cauciucuri sintetice.

Introducerea stirenului în molecula polibutadienei apropie proprietățile cauciucului sintetic de ale cauciucului natural, însă gradul de îmbibare în uleiuri minerale și absorbția apei sînt mult inferioare comparativ cu al cauciucului natural. Acesta are o foarte mare stabilitate la îmbătrînire și își păstrează elasticitatea la temperaturi joase. Un dezavantaj îl constituie flexibilitatea redusă și lipsa completă a capacității de lipire. Introducerea grupei nitri-

lice polare în molecula butadienei micșorează net capacitatea cauciucului de a se îmbiba în uleiuri și în produse petroliere. Cauciucul butadien-nitrilic se utilizează în producția articolelor stabile la benzine și la ulei și pentru acoperiri anticorosive în industria chimică.

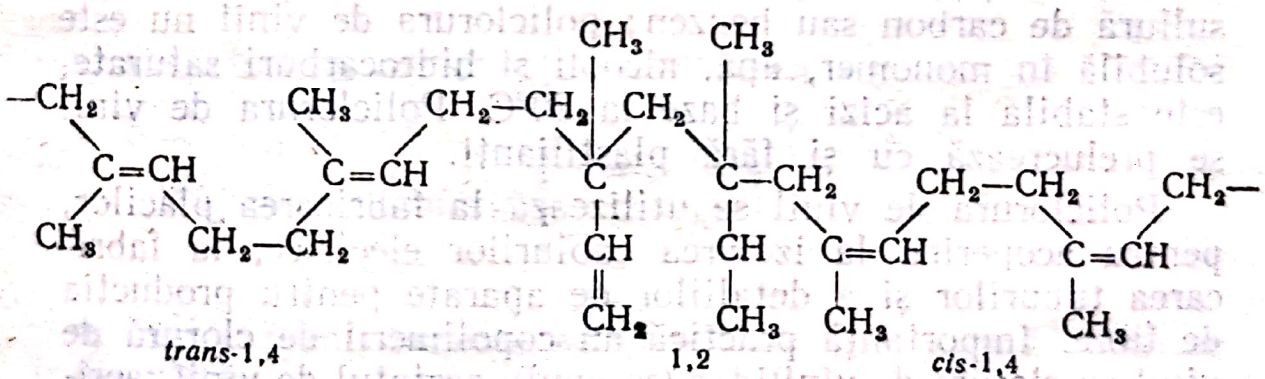
Poliisoprenul $\left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-\right]_n$.

Cauciucul natural și gutaperca sînt izomerii spațiali ai poliisoprenului.

Cauciucul este o substanță elastică, are masa moleculară cuprinsă între 200 000 și 400 000, greutatea specifică 0,9 gf/cm³, temperatura stării sticloase — 70°C, este solubil în benzină, în sulfură de carbon și în hidrocarburi clorurate.

Poliisoprenul sintetic se obține prin polimerizarea în emulsie a isoprenului în prezența peroxizilor sau a compușilor diazoici.

Poliisoprenul obținut pe această cale se deosebește mult de cauciucul natural; nu cristalizează și are indici fizico-mecanici reduși. Cu ajutorul studiilor de structură s-a stabilit că unitățile structurale în poliizoprenul sintetic sînt unite după tipul *trans*-1,4; *cis*-1,4 și 1,2.



În ultimul timp s-a obținut un poliisopren *cis*-1,4 stereospecific cu masă moleculară pînă la 2 000 000, cu structură și cu proprietăți foarte apropiate de cauciucul natural.

O mare însemnătate tehnică o are copolimerul isoprenului cu izobutilena (butil-cauciucul). Acesta este solubil sau se îmbibă în hidrocarburile alifatice. Penetrabilitatea la gaze a butil-cauciucului este de 10—20 de ori mai mică

decît a cauciucului natural. De aceea, butil-cauciucul se utilizează la fabricarea diferitelor articole de cauciuc impenetrabile pentru gaze, de exemplu la camere de anvelope.

2. DERIVAȚII HALOGENAȚI AI HIDROCARBURILOR

Policlorura de vinil $\left[-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-\right]_n$

se obține prin polimerizarea clorurii de vinil în emulsie sau în suspensie cu inițiatori, ca de exemplu persulfați sau peroxizi.

Polimerul este format din macromolecule liniare sau puțin ramificate.

Policlorura de vinil tehnică are masa moleculară 18 000—30 000, greutatea specifică 1,35—1,46 gf/cm³; nu cristalizează, temperatura stării sticloase este de 95°C, se descompune la 130—150°C; este solubilă în cetone (ciclohexanonă), derivații halogenați ai hidrocarburilor (clor-benzen) și eteri (tetrahidrofuran), fiind cel mai bine solubilă în amestecuri de dizolvanți polari și nepolari, de exemplu în acetonă cu sulfură de carbon sau benzen; policlorura de vinil nu este solubilă în monomer, apă, alcooli și hidrocarburi saturate, este stabilă la acizi și baze la 20°C. Policlorura de vinil se prelucrează cu și fără plastifianți.

Policlorura de vinil se utilizează la fabricarea plăcilor, pentru acoperiri, la izolarea cablurilor electrice, la fabricarea tuburilor și a detaliilor de aparate pentru producția de fibre. Importanță practică au copolimerii de clorură de vinil cu clorura de viniliden (saranul), acetatul de vinil, acrilonitrilul și cu alți monomeri vinilici.

Policlorura de vinil clorurată (perclorvinilul). Prin clorurarea policlorurii de vinil, dizolvată în clor-benzen, tetraclorură de carbon sau tetraclor-etan la 80—100°C conținutul de clor crește de la 57% pînă la 62—65 %.

Polimerul are o stabilitate foarte mare la acțiunea acizilor și bazelor, dar este insuficient de rezistent la lumină

și căldură. La temperatura de 90—100°C își pierde rezistența. Polimerul este solubil în acetonă și în alți dizolvanți organici și se utilizează în special pentru obținerea adezivilor.

Policlorura de viniliden $(—CH_2—CCl_2—)_n$ se obține prin polimerizarea clorurii de viniliden în emulsie și are temperatura stării sticloase de —18°C. Are solubilitate limitată în diolvanți uzuali; se utilizează pentru producția de fibre. O utilizare mult mai mare (în producția de fibre și în alte domenii industriale) o au copolimerii clorurii de viniliden cu clorura de vinil, acrilonitrilul, acetatul de vinil etc.

Politetrafluor-etilena $(—CF_2—CF_2—)_n$ se obține prin polimerizarea în emulsie a tetrafluor-etilenei în prezența catalizatorilor peroxidici. Se topește la 320—327°C, are greutatea specifică 2,1—2,3 gf/cm³. Proprietățile sale nu variază cu temperatura de la —100 la +250°C; nu se dizolvă în nici un dizolvant și are o stabilitate chimică neobișnuit de bună. Este stabilă la acțiunea acidului azotic, sulfuric și clorhidric, a bazelor și a dizolvanților organici; din punctul de vedere al proprietăților dielectrice se apropie de polistiren și polietilenă. Politetrafluor-etilena se utilizează pentru fabricarea articolelor electrice și radiotehnice, a conductelor, pompelor și a ventilelor din industria chimică.

3. ALCOOLII ȘI DERIVAȚII ACESTORA

Alcoolul polivinilic $\left[\begin{matrix}—CH_2—CH\\ \qquad\quad |\\ \qquad\quad OH\end{matrix}\right]_n$

se obține prin hidroliza acidă sau alcalină a poliacetatului de vinil:

$$...CH_2—\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}—.....\xrightarrow[OH^- \text{ sau } H^+]{H_2O}$$

$$\rightarrow...—CH_2—\underset{\underset{OH}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{OH}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{OH}{|}}{CH}—....$$

Scanned with OKEN Scanner

Alcoolul polivinilic tehnic mai conține de obicei 1,5—2% moli grupe acetat.

Alcoolul polivinilic are greutatea specifică 1,293 gf/cm³, temperatura stării sticloase 80°C. Se dizolvă în apă rece și în soluții diluate de alcalii, formînd soluții vîscoase din care se pot trage fire sau pelicule.

Alcoolul polivinilic se utilizează ca agent de suspensie la polimerizarea în suspensie apoasă, în industria alimentară și farmaceutică, pentru producția de tuburi elastice, stabile la ulei și benzen.

Pentru a conferi articolelor confecționate din alcool polivinilic stabilitate față de apă, de obicei se reticulează.

Poliacetatul de vinil $\left(\begin{array}{l}-CH_2-CH- \\ \qquad\quad | \\ \qquad OCOCH_3\end{array}\right)_n$

se obține prin polimerizarea acetatului de vinil, inițiată prin radicali, prin toate procedeele cunoscute: polimerizarea în bloc, în soluție și în emulsie. Poliacetatul de vinil are greutatea specifică 1,19 gf/cm³, masa moleculară 50 000; la 150°C se descompune rapid. Temperatura stării sticloase a poliacetatului de vinil este 28°C, de aceea la temperatura camerei, acesta se deformează ușor. Se dizolvă în mulți dizolvanți printre care alcooli, esteri, hidrocarburi aromatice etc.

Datorită stabilității termice reduse, poliacetatul de vinil se utilizează ca atare numai în măsură mică și se transformă în special în alcool polivinilic. În amestec cu alți polimeri, se utilizează pentru fabricarea lacurilor, cleiurilor, pentru fabricarea discurilor de patefon.

Importanță tehnică au copolimerii de acetat de vinil cu clorura de vinil și acrilații. Emulsiile de poliacetat de vinil se folosesc pe scară largă pentru prepararea betoanelor. Conferă betoanelor rezistență la întindere și uzură, precum și impermeabilitate.

Polivinil-acetalii se obțin în soluție prin acțiunea asupra alcoolului polivinilic a aldehidelor corespunzătoare în prezența acizilor drept catalizatori.

De obicei acetalizarea decurge incomplet și polivinil-acetalii conțin grupe libere hidroxilice și acetil.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre polivinil-acetali au căpătat importanță tehnică polivinil-formalul și polivinil-butiralul. Poliacetalii au fost încercați cu rezultate bune la impermeabilizarea betoanelor.

Polivinil-formalul are greutatea specifică 1,23 gf/cm³. Acesta se obține de obicei cu un grad de acetilare de 75—80%. Se dizolvă în hidrocarburi clorurate, fenoli, piridină, dioxan, acid formic și în amestecuri de alcool cu apă sau benzen. Polivinil-formalul se caracterizează prin stabilitate termică înaltă, indici dielectrici buni și rezistență la frecare. Se utilizează pentru acoperiri electroizolante.

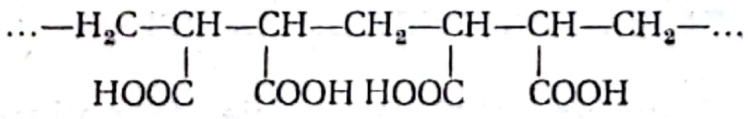
Polivinil-butiralul are greutatea specifică 1,11—1,14 gf/cm³ temperatura stării sticloase 50°C; se dizolvă în alcool butilic și etilic, în acid acetic, piridină, ciclohexanonă, amestec de alcool și benzen.

Polivinil-butiralul se caracterizează printr-o mare aderiune la sticlă și metal, elasticitate mare, stabilitate la sticlă și metal, elasticitatea mare, stabilitate la temperaturi joase și lumină. Se utilizează la încleierea sticlelor pe bază de silicat, pentru producția sticlei securit. În amestec cu polimeri fenolaldehidici se folosește la fabricarea cleiurilor universale.

4. ACIZII CARBOXILICI ȘI ESTERII ACESTORA

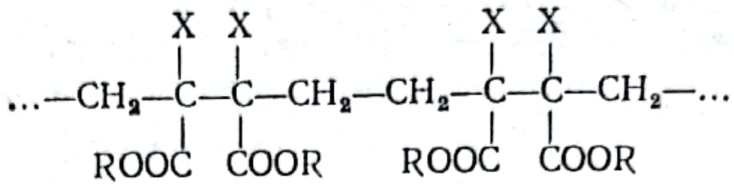
Acizii poliacrilic și polimetacrilic. Acidul poliacrilic, acidul polimetacrilic și esterii acestora se obțin prin polimerizarea monomerilor corespunzători în prezența inițiatorilor peroxidici.

Se consideră că grupele carboxilice sînt dispuse în poziția 1,2.



spre deosebire de majoritatea polimerilor vinilici, construiți după tipul 1,3. Această concluzie s-a tras în special pe baza

studiului esterilor acizilor α-halogen-acrilici



(aici X=hal).

Polimerii acizilor acrilic și metacrilic sînt solubili în apă. Acești acizi se utilizează în special la copolimerizare cu monomeri vinilici și dienici, iar copolimerii obținuți, prin interacțiunea cu compușii polifuncționali (polialcooli și metale polivalente) formează polimeri reticulați.

Un interes deosebit prezintă utilizarea copolimerilor acizilor acrilici cu dienele în calitate de cauciucuri sintetice, deoarece pot fi vulcanizați sub acțiunea metalelor polivalente.

Vulcanizatele obținute au o stabilitate termică bună.

Copolimerii acidului metacrilic cu divinil-benzenul sau cu dimetacrilatul de dietiliden se utilizează ca *schimbători de ioni*.

O mare însemnătate o au polimerii esterilor acizilor acrilic și metacrilic. Din numărul mare de esteri cunoscuți ai acestor acizi cea mai mare utilizare o au polimerii esterilor metilici.

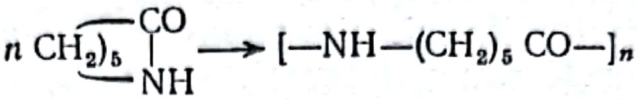
Polimetacrilatul de metil are masa moleculară 50 000—200 000, greutatea specifică 1,18—1,19 gf/cm³. Temperatura stării sticloase este 98°C. Polimetacrilatul de metil se dizolvă în acetonă, în derivați halogenați, în esteri. Domeniul principal de utilizare a lor este producția de sticle organice. Alți acrilați și metacrilați se utilizează în producția de lacuri, pelicule, conducte flexibile, tuburi, pentru finisarea țesăturilor etc.

5. POLIMERIZAREA MONOMERILOR CICLICI

În ultimii ani s-au obținut o serie de polimeri pornind de la monomeri ciclici ca de exemplu ε-caprolactamă, enanntolactamă, lactone, oxid de etilenă, etilen-imină, tetrahidrofuran.

Scanned with OKEN Scanner

Policaproamida (poliamida -6) relonul, capronul sau perlonul se obține prin polimerizarea ε-caprolactamei în prezența apei, bazelor sau chiar a metalelor alcaline. Schema de reacție este:



Greutatea specifică a ε-caprolactamei este de 1,14 gf/cm³ iar temperatura de topire 215°C.

Se utilizează pentru fibre sintetice și materiale plastice.

Policaproamida modificată se folosește pentru lacuri izolante și pentru impregnări.

Prin polimerizarea tetrahidrofuranului s-au obținut în ultimul timp o serie de polimeri cu proprietăți deosebite.

F. POLIMERI OBȚINUȚI PRIN CONDENSARE

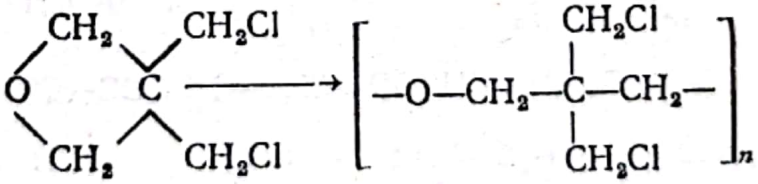
1. POLIETERII (COMPUȘI POLIOXIDICI)

Polioxi-etilena, polioxi-alchilii și polioxi-aril-etilenele se obțin prin polimerizarea oxidului de etilenă și a derivaților săi în prezența catalizatorilor.

Polioxi-etilenele, în funcție de gradul de polimerizare și de compoziție, sînt lichide vîscoase, sau substanțe solide. Prin polimerizarea oxidului de etilenă, în prezența urmelor de apă, s-a reușit să se obțină polioxi-etilena cu masă moleculară mare și cu indici fizico-mecanici buni.

Polimerizarea oxidului de etilenă și a derivaților săi nu este însoțită de contracție de volum, ceea ce dă posibilitatea să se creeze la suprafața produsului finit acoperiri rezistente fără crăpături.

Prin polimerizarea eterului ciclic clorurat se obține un polimer, fabricat în S.U.A. sub denumirea de *penton*:



Pentonul are densitatea 1,4 gf/cm³, este foarte puțin higroscopic (0,01%) și are o stabilitate termică și chimică bună precum și proprietățile dielectrice bune.

2. POLIESTERII

Poliesterii pot fi liniari sau tridimensionali. Poliesterii liniari se împart în două clase și anume: poliesteri aromatici și poliesteri alifatici. De asemenea se mai clasifică în poliesteri saturați sau nesaturați.

Poliesterii alifatici se topesc la temperatură mai joasă decît polihidrocarburile cu un grad de polimerizare egal, deși caracterul legăturii esterice ar trebui să întărească interacțiunea intermoleculară și ca atare să aibă un grad de împachetare mai mare care să se reflecte asupra temperaturii de înmuiere.

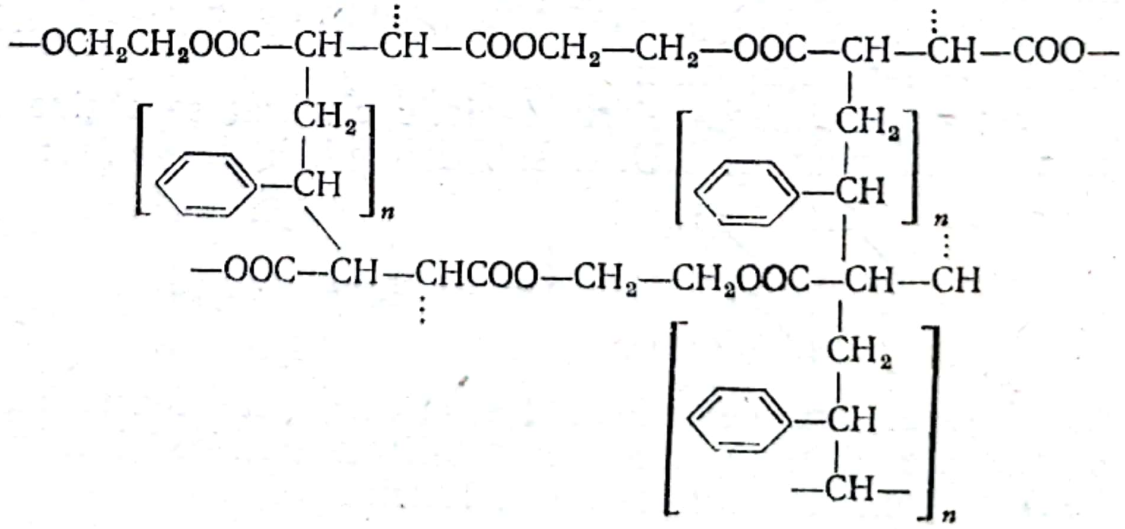
Creșterea temperaturii de topire a poliesterilor în funcție de introducerea nucleelor aromatice este condiționată, probabil, de creșterea rigidității lanțului.

Poliesterii nesaturați, se obțin din glicoli și acizi nesaturați, în special din acizii maleic și fumaric:

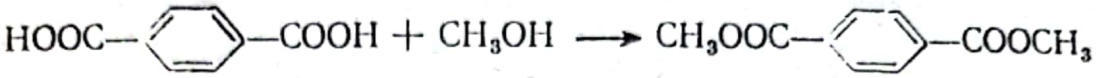
$$n\ HOCH_2—CH_2OH + n\ HOOC—CH = CH—COOH \longrightarrow$$
$$\rightarrow H(O—CH_2—CH_2OOC—CH=CH—CO—)_n\ OH + 2(n—1)\ H_2O$$

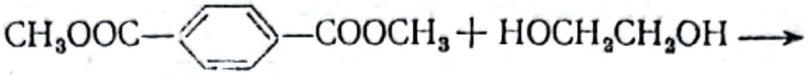
Acești poliesteri constituie materia primă pentru obținerea substanțelor tridimensionale; legăturile transversale se formează prin adiția unor monomeri la legăturile duble ale poliesterului.

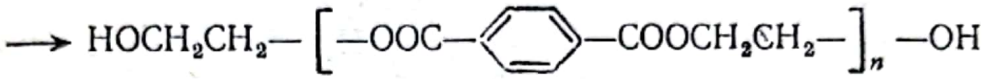
Prin interacțiunea poliesterului nesaturat cu stirenul, în prezența unui peroxid organic se formează un produs cu structură spațială, care poate fi reprezentată prin schema următoare:



Poliesterii aromatici liniari de tipul *polieten-tereftalatul* se obțin după următoarea schemă de reacție:

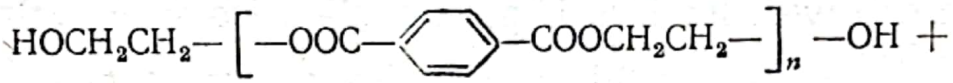






$n = 2...4$

După care urmează o policondensare între dimeri, trimeri etc.

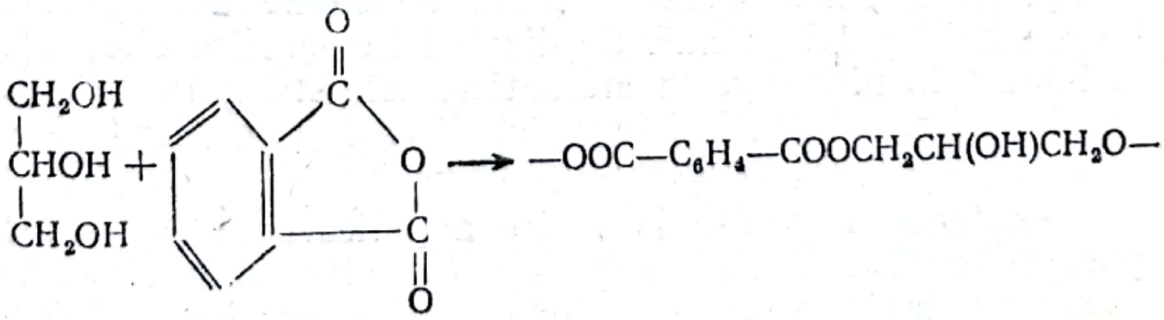


$y = 200...300$

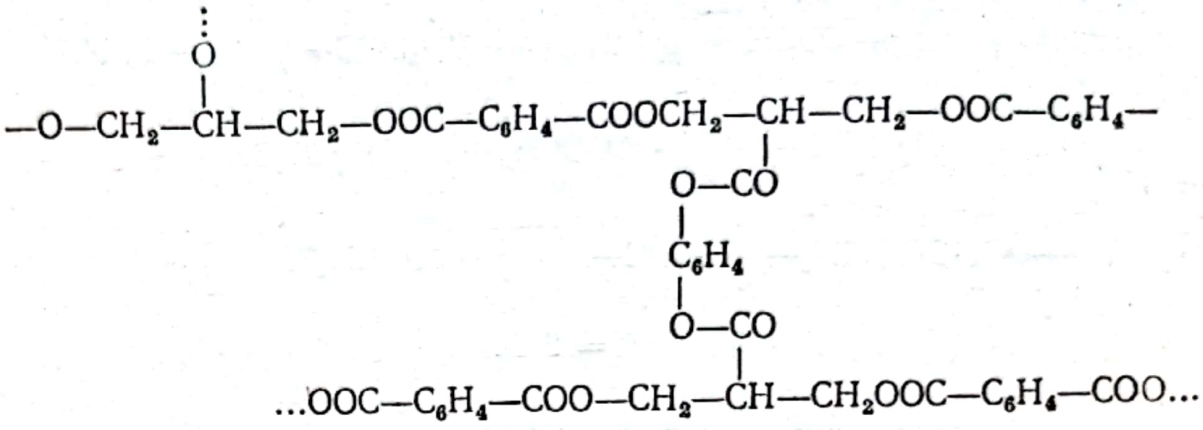
Polieten-tereftalatul se topește la 240°C și prezintă o stabilitate mare la apă, lumină, acizi, baze și oxidanți.

Polieten-tereftalatul se utilizează pentru producția de fibre sintetice și materiale plastice.

Polimerii gliptalici se obțin prin policondensarea anhidridei ftalice cu glicerina, conform următoarei scheme de reacție:



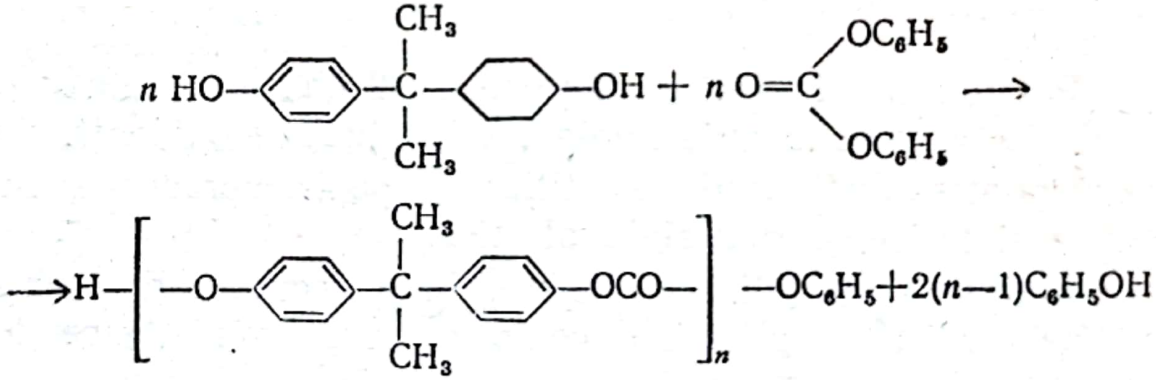
aceasta cu un exces de anhidridă ftalică formează poliesteri cu structură spațială:



Polimerii gliptalici se utilizează pe scară mare pentru obținerea diverselor lacuri, precum și ca izolanți electrici.

3. POLICARBONAȚII

Policarbonații se obțin prin policondensarea derivaților difenoxi-metilenelor cu difenil-carbonatul:



Policarbonatul are temperatura de topire 267°C, greutatea specifică 1,2 gf/cm³. Se dizolvă în parafine clorurate, se îmbibă în hidrocarburi aromatice, este stabil la acțiunea apei, acizilor minerali și organici diluați și se hidrolizează lent în prezența bazelor.

Rezistența deosebită la lovire a policarbonaților a fost pusă în evidență prin comparație cu alți polimeri ca de exemplu: dacă rezistența la lovire a acetatului de celuloză

se ia drept unitate, atunci pentru nylon cifra este 5, pentru terilenă 6, iar pentru policarbonați 40.

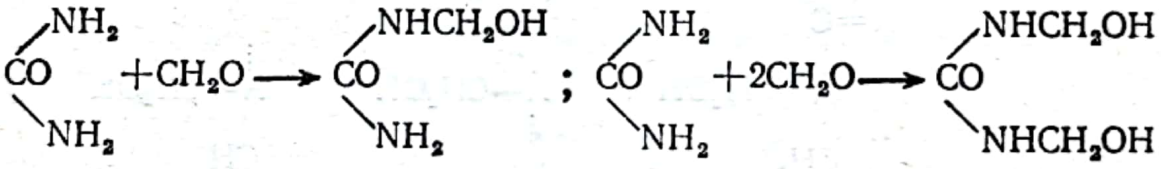
Din policarbonați se fabrică detalii rigide pentru industria constructoare de mașini și aparate.

Poliamide: polihexametilen -adipamida (poliamida 6.6) H [NH—$(CH_2)_6$—NHCO—$(CH_2)_4$—CO—]$_n$—OH sau nylon, se obține prin policondensarea sării hexametilen-diaminei cu acidul adipic (sarea AH).

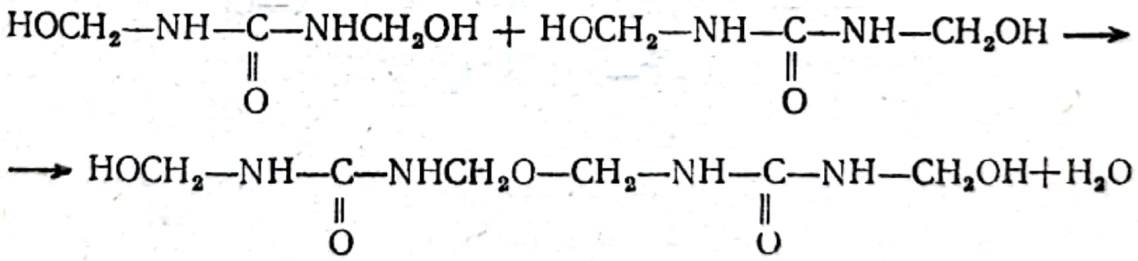
Temperatura de topire 255°C, greutatea specifică 1,14 gf/cm^3. Se folosește ca fibră și material plastic.

4. POLIMERII CARBAMIDICI SAU UREO-FORMALDEHIDICI

Prin interacțiunea ureei cu formaldehida în mediu neutru sau slab bazic se formează mono- și dimetilol-derivați:



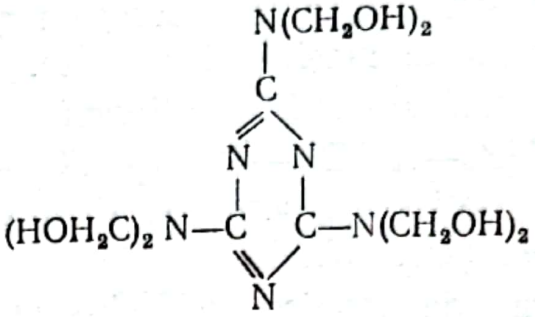
acești prin policondensare ulterioară cu ureea, în mediu acid, formează polimetilen-uree. Ca urmare a eliminării de apă de la grupele metilolice a două molecule de metilol-uree se pot forma următorii compuși:



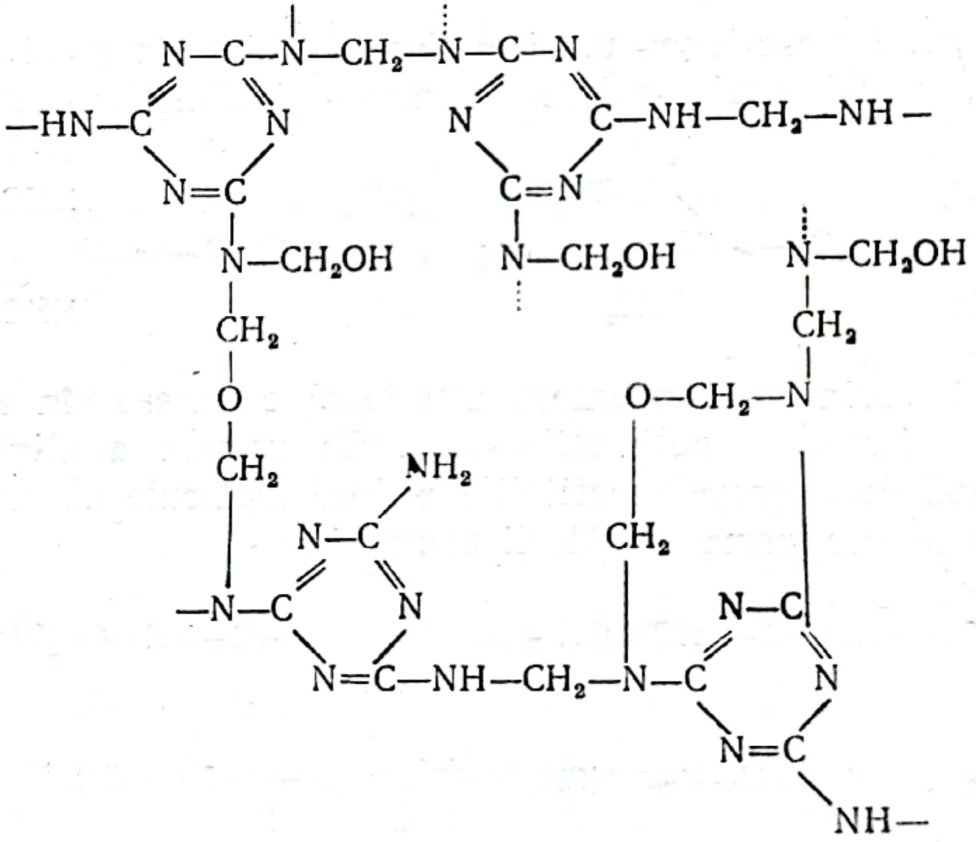
care, în prezența formaldehidei, formează un polimer cu structură tridimensională.

Polimeri triazinici sau melamino-formaldehidici. Reacția dintre melamină și formaldehidă decurge după schema

formării polimetilen-ureei, inițial obținîndu-se derivați metilolici ai melaminei:



Derivații metilol-melaminici cu un exces de melamină formează la început un polimer solubil, apoi un produs tridimensional insolubil.



Polimerii ureo- și melamino-formaldehidici se utilizează în industria materialelor plastice la obținerea lacurilor și pentru stabilizarea pămînturilor.

Reacția de policondensare cu formaldehida se mai poate efectua de exemplu cu tioureea, anilina, toluen-sulfamida etc.

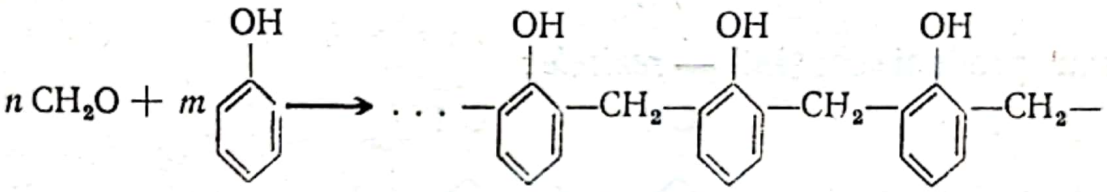
Anilina și sulfamidele formează cu formaldehida polimeri liniari.

Polimetilen-hidroxi-fenilenii sau polimerii fenol-formaldehidici. Prin condensarea fenolului cu formaldehida se obțin polimeri fenol-formaldehidici cu proprietăți foarte variate.

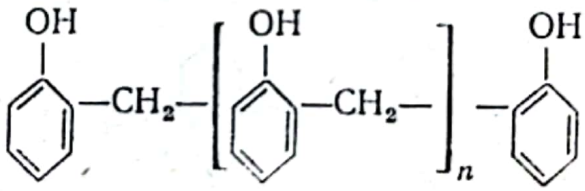
Astfel se pot obține trei tipuri de polimeri, ca de exemplu: novolacuri, rezoli și rezite.

Novolacurile se obțin prin condensarea unui exces de fenol cu aldehidă formică, în prezența acizilor în mediu apos.

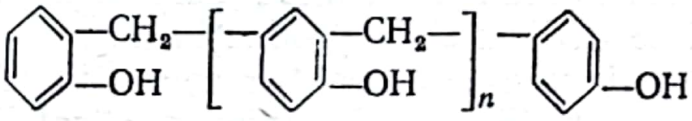
Mersul reacției pare a fi următorul:



Formula generalizată pentru novolacuri este:



sau



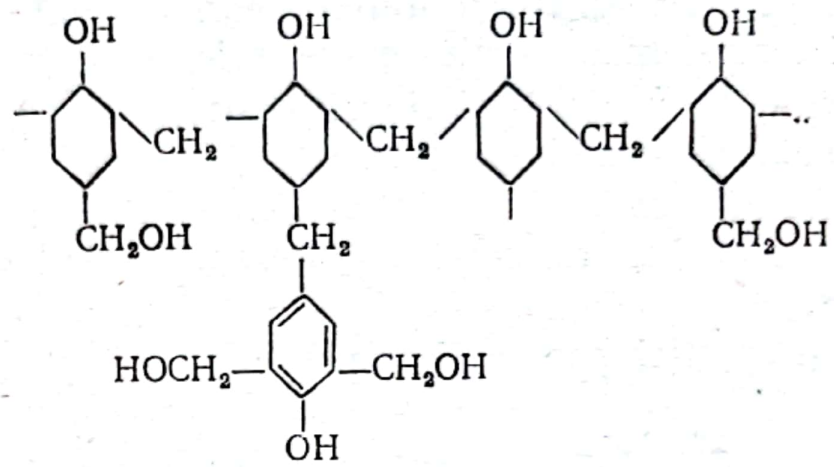
Novolacurile și-au găsit o largă aplicare sub formă de prafuri de presare și solubilizate cu lacuri.

În ultimii ani se folosesc pe scară largă și sub formă de novolacuri modificate.

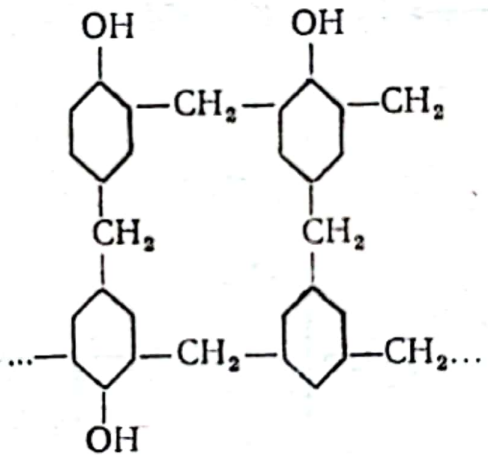
Rezolii se obțin prin condensarea fenolului cu un exces de formaldehidă în prezență de baze sau acizi drept catalizatori.

Scanned with OKEN Scanner

Se poate considera că sub acțiunea formaldehidei asupra *o*-polimetilen - hidroxifenilenei se formează polimeri ramificați, *rezolii*:



sau produși spațiali — *rezitele*:



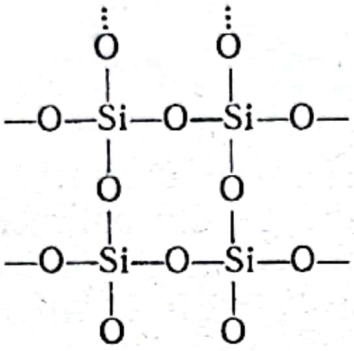
Prin păstrare sau încălzire, rezolii se transformă ușor în rezite, modificîndu-și în mod corespunzător proprietățile. Rezolii se utilizează în producția de materiale plastice în amestec cu ingrediente, pentru confecționarea diverselor articole, precum și pentru obținerea de stratificate pe bază de pînză sau de hîrtie îmbibată cu rezoli. În procesul de fabricație, rezolii se transformă în rezite, iar articolele obținute se utilizează în electrotehnică, în construcția de mașini și în alte scopuri.

Prin condensarea acidului *p*-cresol-sulfonic cu fenolul și formaldehida se obțin schimbători de ioni. De asemenea se utilizează mult și schimbători de ioni, obținute prin condensarea acidului *p*-fenol-sulfonic cu fenolul și formaldehida.

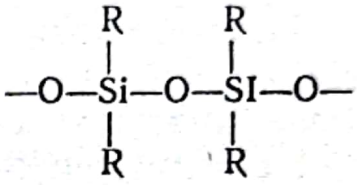
5. POLIMERII SILICO-ORGANICI

Polimerii silico-organici se deosebesc de cei menționați pînă acum prin prezența legăturii —Si—O—Si—, numită legătură siloxanică, caracteristică polimerilor anorganici.

Deosebirea dintre silicați și polimerii silico-organici constă în faptul că aceștia din urmă au atomi de siliciu legați parțial cu radicali organici, în timp ce silicații au atomi de siliciu legați parțiali de atomi de oxigen:

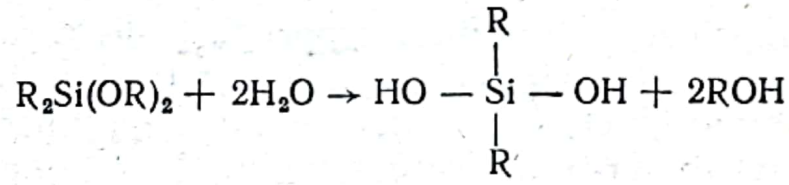


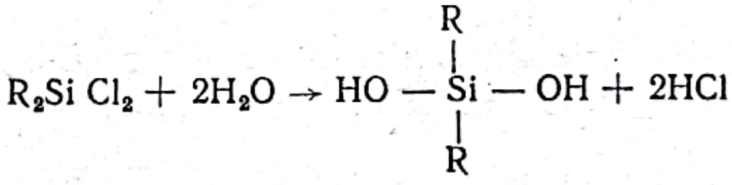
Polimer anorganic

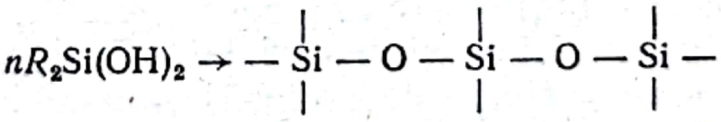


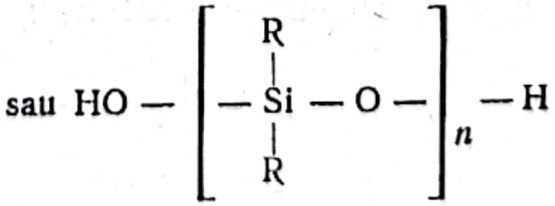
Polimer organic

Sinteza polimerilor silico-organici se bazează pe hidroliza alchil-sau aril-clor-silanilor, eteri alchil- sau aril- substituiți ai acidului ortosilicic, concomitent cu policondensarea silanolilor formați. Reacția decurge după următoarea schemă:



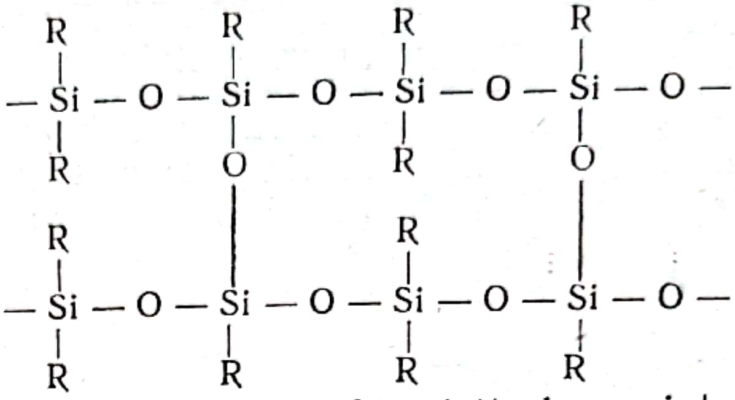






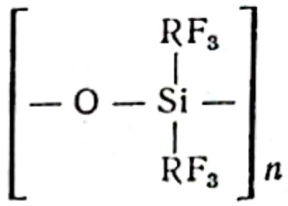
Polimerii liniari silico-organici cu proprietăți similare cauciucului și cu stabilitate termică foarte mare; se obțin

prin reacții de policondensare ale silandiolilor $R_2Si(OH)_2$. Polimerii spațiali se obțin din silani-trioli prin policondensare:



Radicalul organic poate fi oricît de variat.

În ultimul timp, atomii de hidrogen din polimerii silicoorganici sînt înlocuiți cu flor, clor sau chiar radicali nesaturați cu care ulterior se pot face structuri puternic reticulare:



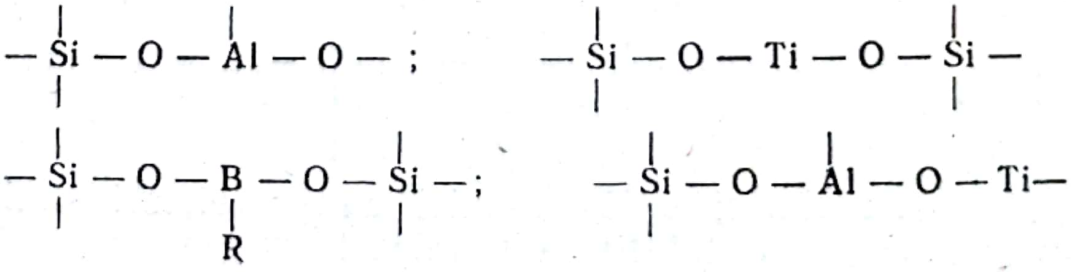
ceea ce imprimă polimerilor proprietăți deosebite.

Legătura siliciu-oxigen (siloxanică) este deosebit de rezistentă termic și chimic, din care cauză polimerii care o conțin găsesc o largă aplicare acolo unde se impun astfel de condiții.

Proprietățile fizico-mecanice ale acestor compuși macromoleculari nu variază pe intervalul de temperatură de —50 la 300°C.

Astfel, se pot obține produși cu proprietăți de elastomeri, plastomeri, uleiuri și materiale peliculogene.

În afară acestor tipuri de polimeri s-au mai obținut și alții care dețin legături de următorul tip:

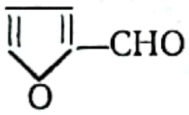


Compușii cu aceste structuri, ca și cei care conțin fosfor, arsen, germaniu sau alte elemente, își găsesc azi aplicații multiple în industrie și alte sectoare.

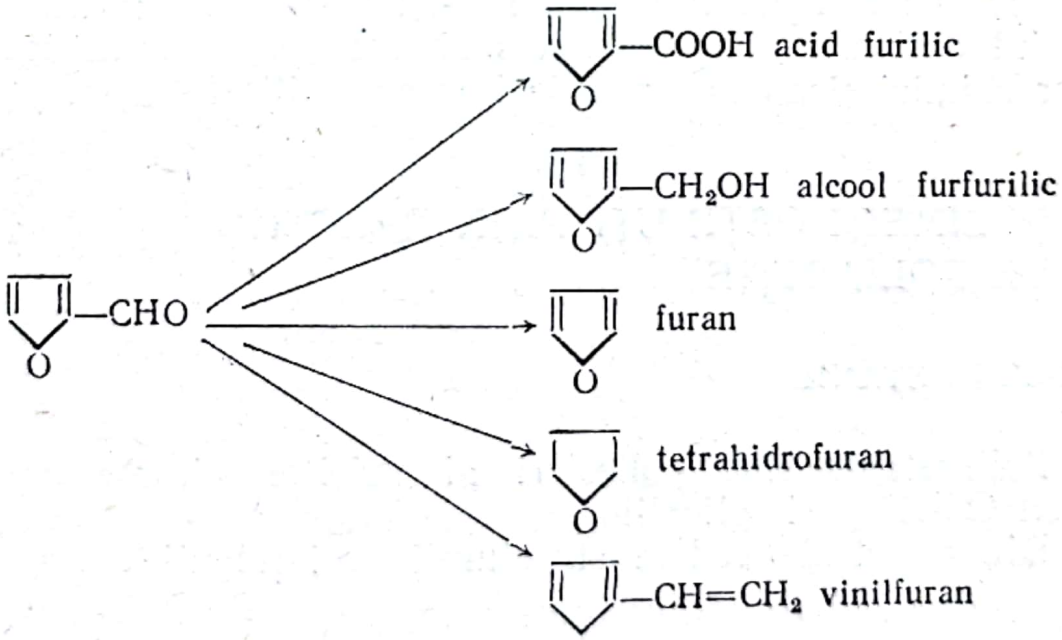
6. POLIMERII FURANICI

Compușii macromoleculari care conțin în catena principală nuclee furanice au căpătat denumirea de polimeri furanici. Tot în această grupă intră și acei polimeri care conțin nuclee de di- și tetrahidrofuran. Pe baza monomerilor furanici se pot obține compuși macromoleculari elastomeri, plastomeri, termoplastici sau termoreactivi. Materia primă pentru obținerea monomerilor furanici este furfurolul.

Furfurolul se obține ca rezultat al hidrolizei pentozanilor din diverse deșeuri ale industriei agricole. Este un lichid cu punct de fierbere 161,7°C la 760 mm Hg și $n_D^{20} = 1{,}52608$; are următoarea formulă:



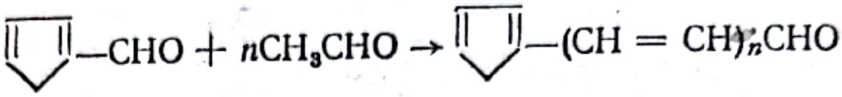
Din furfurol se obține:



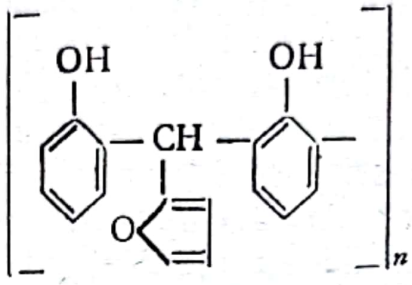
Toți acești compuși sînt folosiți în prezent la obținerea de compuși macromoleculari furanici.

Astfel, printre cei mai importanți polimeri furanici se pot menționa și cei din:

— furfurol și aldehide cu următoarea structură:



— furfurol și fenol cu structura:



— furfurol + fenol + aldehide
— furfurol + acetonă (FA)
— furfurol + uree sau furfurol + anilină
— alcool furfurilic + aldehide
— furan
— vinilfuran
— tetrahidrofuran
— tetrahidrofurfurol.

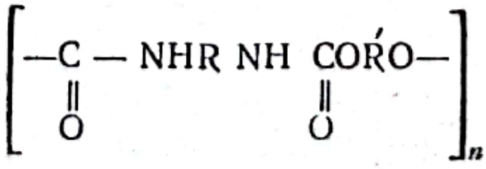
Aproape toți acești polimeri și-au găsit aplicații în domeniul obținerii unor betoane rezistente la acțiunea agenților chimici și cu un grad de impermeabilitate mare.

G. POLIMERI OBȚINUȚI PRIN REACȚII DE POLIADIȚIE

1. POLIURETANII

Poliuretanii sînt poliesteri ai acizilor dicarbamici $R(NHCOOH)_2$ și glicolilor.

Din punct de vedere structural, poliuretanii



se apropie de poliamide, deoarece în grupa uretanică —O—CO—NH— intră grupa amidică —CO—NH—

Metodele de obținere a poliuretanilor se bazează pe poliadiția diizocianaților la glicoli:

$$n\text{OCNRNCO} + n\text{HOR'OH} \rightarrow \left[-\text{CNHRNH}-\overset{\overset{\text{O}}{\|}}{\text{C}}-\text{OR'O}-\right]_n$$

Poliuretanii se obțin de asemenea din esterii diclor-carbonici ai glicolilor și diamine prin metoda policondensării interfaciale

$$n\text{ClCOR}\underset{\text{O}}{\overset{\|}{\text{C}}}\text{OCl} + n\text{NH}_2\text{R'NH}_2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{Cl}\left[\text{C}-\text{OROCNHR'NH}\right]_n \text{H} + (n-1)\text{HCl}$$

Policondensarea interfacială este procedeul prin care se obțin în prezent un număr mare de compuși.

În cazul utilizării ca produse inițiale a substanțelor cu funcționalitatea mai mare decît doi se obțin poliuretani cu structură spațială. Poliuretanii liniari se dizolvă ca și amidele în acizi minerali concentrați, dar sînt mai puțin higroscopici decît poliamidele. Aceștia sînt stabili la acțiunea luminii, acizilor și oxigenului. Cea mai mare utilizare tehnică o are perlon-U-poliuretanul obținut din hexametilen-diizocianat și butandiol-1,4.

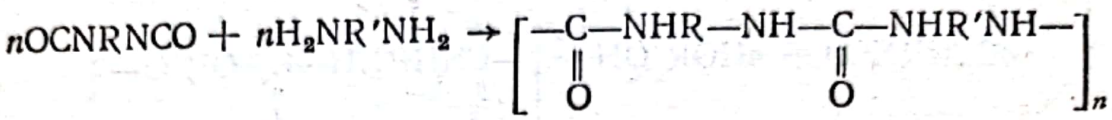
Masa sa moleculară este 13 000—18 000, greutatea specifică 1,21 gf/cm³. Acesta se înmoaie la temperatura de 173°C și se topește la 184°C. Se utilizează la producția de fire și materiale plastice.

Alți poliuretani se utilizează pentru fabricarea lacurilor, a compozițiilor de îmbibare a pînzelor și hîrtiei, precum și a cleiurilor.

Poliureele sînt poliamide ale acidului carbonic și sînt apropiate ca structură de poliuretani și poliamide, întrucît

Scanned with OKEN Scanner

conțin grupa —NH—C(=O)—NH—. Acestea se obțin prin polimerizarea în trepte a diizocianaților cu diaminele.

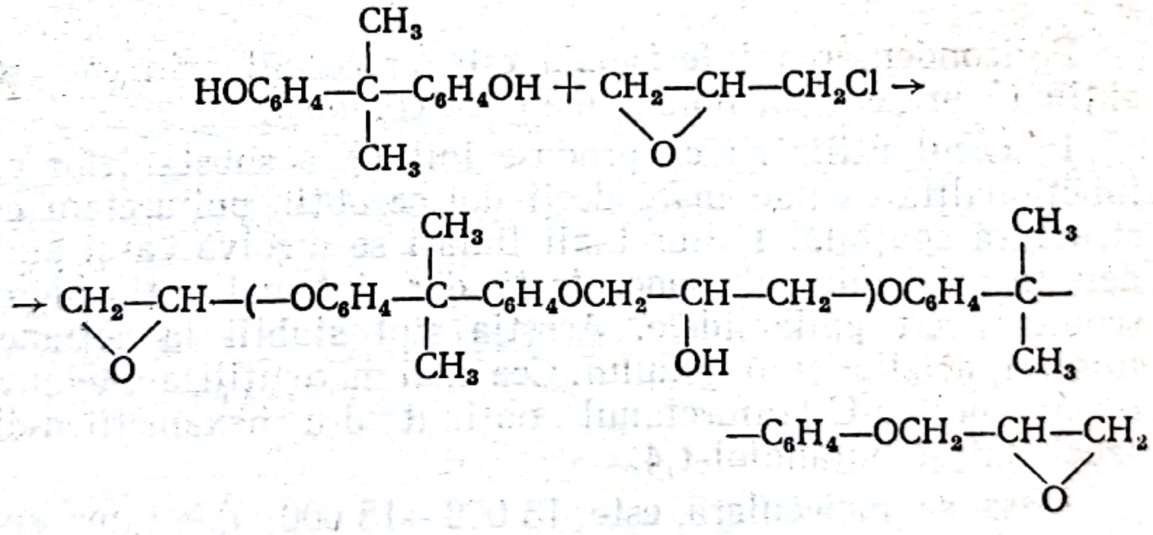


Se pot obține poliuree și prin alte metode, de exemplu prin policondensarea diaminelor cu diuretanii, esterii acidului carbonic cu diaminele etc.

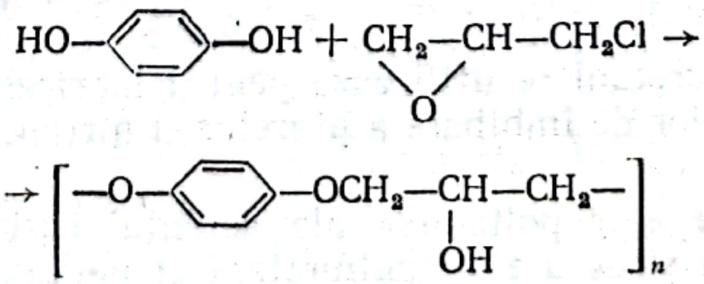
Poliureele se topesc la temperatură mult mai ridicată decît poliamidele și poliuretanii corespunzători.

2. POLIMERII EPOXIDICI

Polimerii epoxidici se obțin ca rezultat al reacției dintre difenoli și epiclorhidrină după următoarea schemă de reacție:

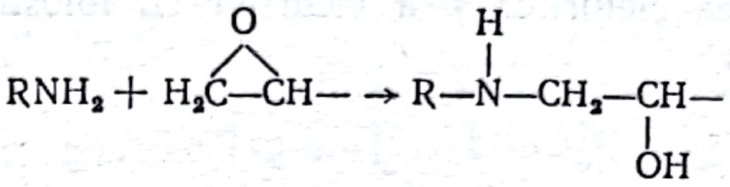


sau

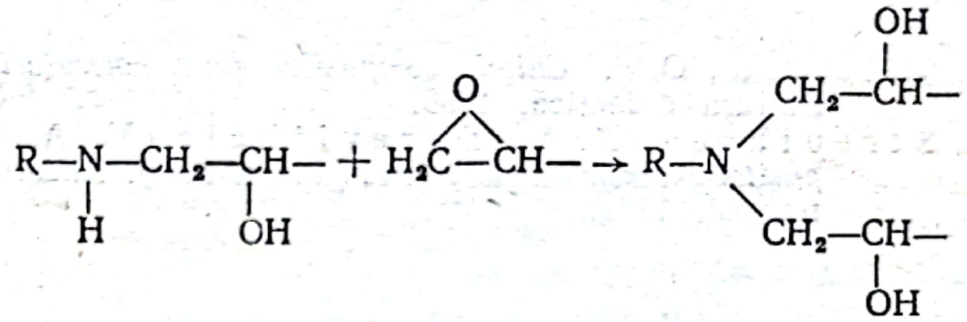


Polimerii epoxidici se solidifică prin adaosuri cu grupe funcționale, care reacționează cu grupele epoxi și hidroxil ale polimerilor epoxidici.

Reacțiile polimerilor epoxidici cu aminele decurg astfel: cu amină primară:



cu amină secundară:



Reacțiile cu grupele hidroxilice decurg în același mod.

Pentru întărirea la temperaturi ridicate se folosesc: anhidrida maleică și ftalică, dician-diamina, melamina, polimerii ureo-formaldehidici, anilin-formaldehidici, fenol-formaldehidici.

Acești agenți de întărire se utilizează pentru polimeri epoxidici de tipul ED-5, ED-6 (lichide).

Polimerii solizi (ED-13, ED-15) se întăresc la temperaturi ridicate și fără introducerea agenților de întărire.

Polimerii epoxidici au o culoare galbenă și sînt solubili în cetone, esteri și hidrocarburi clorurate etc.

Viscozitatea este una dintre caracteristicile importante ale polimerilor epoxidici (determinînd posibilitățile de turnare, impregnarea materialelor de stratificare etc.).

Polimerii epoxidici au caracteristici mecanice bune (în funcție de greutatea lor moleculară mare), iar punctul de înmuiere este de asemenea ridicat. Polimerii epoxidici au contracție mică, mai mică chiar decît porțelanul.

Polimerii epoxidici au o bună stabilitate la saramură; la încercarea timp de 12 luni la 20°C, nu s-a observat o modificare a rezistenței, iar creșterea în greutate a fost în total de 1%.

Domeniile de utilizare ale polimerilor epoxidici se lărgesc repede în ultima vreme, deoarece pot fi prelucrați atît la cald, cît și la rece.

Polimerii epoxidici se utilizează la fabricarea materialelor plastice stratificate, a materialelor plastice armate cu sticlă, la fabricarea cleiurilor și a lacurilor cu folosință mare în construcții.

BIBLIOGRAFIE

1. Solomon, O. F. *Chimia compușilor macromoleculari*. București, Editura didactică, 1959.
2. Strepiheev, K. A., Derevițkaia, V. A. *Chimia compușilor macromoleculari* (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1962.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL II

MORTARE ŞI BETOANE CU COMPUŞI MACROMOLECULARI

A. GENERALITĂŢI

Materialele tradiţionale folosite în construcţiile hidrotehnice şi lucrările speciale, pe lîngă multe calităţi, au limite naturale şi defecte care impun necesitatea prevederii unor măsuri constructive costisitoare la proiectare, pentru prevenirea degradării lucrărilor, sau se prescriu o serie de măsuri — de asemenea costisitoare — ce urmează a fi luate în timpul exploatării, în scopul asigurării protecţiei şi durabilităţii lucrărilor în timp.

Printre materialele cu cea mai largă utilizare în construcţii în prezent se situează mortarele şi betoanele de ciment, care satisfac în bună măsură condiţiile tehnice impuse pentru diferite categorii de construcţii, au un preţ de cost redus (în raport cu alte materiale de construcţii), proces tehnologic de preparare şi punere în operă relativ simplu, elemente ce justifică în bună măsură încrederea şi preferinţa constructorilor pentru aceste materiale. Mortarele şi betoanele de ciment prezintă însă şi unele inconveniente din care se menţionează:

— aderenţa relativ slabă la betonul vechi (în special la elemente prefabricate şi produse autoclavizate), metal şi alte materiale de construcţii;

— rezistenţa redusă la întindere, fragilitatea şi posibilitatea de a fisura uşor sub acţiunea diverselor solicitări;

— rezistenţa relativ redusă la acţiuni mecanice cu efect abraziv şi la acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ repetat;

Scanned with OKEN Scanner

— permeabilitatea relativ ridicată;
— rezistenţa slabă la acţiunea diverşilor agenţi chimici agresivi etc.

Avînd în vedere cele menţionate, numeroşi cercetători au căutat şi abordat diverse căi pentru a obţine noi tipuri de mortare şi betoane, care să păstreze pe cît posibil avantajele materialelor tradiţionale şi să aibă în acelaşi timp proprietăţi valoroase suplimentare, care să anuleze total sau în parte, deficienţele pe care le prezintă mortarele şi betoanele clasice cu lianţi minerali (în principal diverse cimenturi), sau să confere acestora proprietăţi superioare materialelor clasice.

Căile abordate şi procedeele tehnologice studiate sînt numeroase. O bună parte din acestea prevăd îmbunătăţirea proprietăţilor mortarelor şi betoanelor clasice în principal prin diverse adaosuri, raportate procentual la greutatea cimentului din amestec. În această categorie de materiale se includ şi mortarele şi betoanele cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari, deşi compuşii macromoleculari nu sînt simple adaosuri, deoarece în aproape toate cazurile îndeplinesc rolul de liant suplimentar, care participă la formarea structurii şi influenţează proprietăţile fizico-mecanice ale mortarelor şi betoanelor. Din această categorie de materiale se menţionează: materialele cu adaos de latex de cauciuc natural, adaos de latex de cauciuc sintetic, dispersii apoase de poliacetat de vinil, copolimeri aceto-clorură de vinil şi viniliden, compuşi acrilici, furanici, fenol-formaldehidici etc.

Altele din căile abordate şi procedeele studiate pînă în prezent prevăd înlocuirea completă a liantului mineral din mortare şi betoane, cu un liant organic, de obicei un compus macromolecular, produs al industriei chimice de sinteză, cu proprietăţi fizico-mecanice şi chimice superioare diverselor tipuri de cimenturi folosite în prezent şi obţinerea pe această bază a unei game foarte largi de materiale de construcţii noi, diferenţiate după tipul agregatului şi liantului organic folosit, după raportul liant-agregat, procedeul de întărire etc. Materialele astfel obţinute au în general proprietăţi mult superioare mortarelor şi betoanelor clasice. Din această categorie de mortare şi betoane se menţionează materialele obţinute pe bază de compuşi furanici, epoxidici, fenol-

Scanned with OKEN Scanner

formaldehidici (precum și combinații ale acestora), poliesteri etc.

În prezent în literatura tehnică de specialitate sînt cunoscute două grupe mari de mortare și betoane cu compuși macromoleculari:

— mortare și betoane cu lianți minerali și compuși macromoleculari;

— mortare și betoane cu compuși macromoleculari, fără lianți minerali.

B. MORTARE ȘI BETOANE CU LIANȚI MINERALI ȘI COMPUȘI MACROMOLECULARI

1. DEFINIȚIE. CLASIFICARE

Materialele în a căror compoziție se include un liant mineral (ciment, ipsos etc.), un compus macromolecular, cu sau fără agregate minerale și apă de amestec sînt denumite generic, mortare și betoane cu lianți minerali și compuși macromoleculari *). Aceste materiale prezintă o mare varietate de proprietăți structurale, mecanice și fizico-chimice, datorate tipului și proprietăților liantului mineral folosit, tipului și proprietăților compusului macromolecular folosit ca adaos, raportului dintre liantul mineral și compusul macromolecular, stabilizatorilor folosiți la fabricarea unor compuși macromoleculari, tipului de agregat mineral, cantității de agregat folosite și aderenței liantului complex la agregat, tehnologiei de lucru adoptate pentru obținerea acestor materiale.

Ceea ce caracterizează această grupă de mortare și betoane este faptul că liantul mineral (cel mai utilizat cimentul portland) constituie o parte componentă importantă a amestecului de mortar sau beton, combinîndu-se în raport optim cu compusul macromolecular (liantul organic). Materialul

*) În literatura tehnică, în lipsa unei standardizări internaționale, aceste materiale sînt întîlnite sub diverse denumiri, din care se menționează: ipsos-polimer, latex-ciment; mortare și betoane cu polimeri, betoane cu rășini sintetice, plastobeton, acetopolivinil beton e c.

Scanned with OKEN Scanner

final rezultat din această combinaţie are după întărire, pe lîngă proprietăţile unui mortar sau beton obişnuit, o serie de proprietăţi suplimentare conferite de adaosul de compus macromolecular. Cei doi lianţi ce intră în compoziţia acestui tip de mortare şi betoane (liantul mineral şi liantul organic — compusul macromolecular) alcătuiesc liantul complex.

Componenţii liantului complex participă la formarea structurii şi determină proprietăţile acestei grupe de mortare şi betoane; cimentul reacţionînd cu apa, formează piatra de ciment care leagă într-un singur tot granulele de agregat spre a forma produsul final întărit şi dur, caracteristic mortarelor şi betoanelor obişnuite.

Liantul organic judicios dozat şi omogenizat în amestec, umple porii capilari care se formează în mortar sau beton, iar prin hidratarea cimentului şi prin evaporare, liantul organic care se găsea iniţial în fază dispersată în emulsie, trece în fază solidă, formînd un mare număr de membrane cu capacitate superioară de legătură. De aceea liantul organic ce se foloseşte la acest tip de mortare şi betoane, trebuie să aibă bune proprietăţi de aderenţă atît faţă de ciment, cît şi faţă de agregat.

Cele menţionate mai sus, privind rolul liantului organic, se referă la cazurile curente în care compusul macromolecular este introdus în amestec sub forma unei dispersii apoase şi la care raportul liant organic-ciment este subunitar. În prezenta lucrare nu sînt tratate cazurile speciale în care raportul dintre liantul organic şi liantul mineral este mai mare decît unitatea, unde liantul mineral poate fi considerat ca un adaos la compusul macromolecular.

Altă excepţie de la cele enunţate anterior o constituie mortarele şi betoanele cu adaosuri de compuşi silico-organici care se presupune că reacţionează chimic cu hidroxidul de calciu pus în libertate prin hidratarea şi hidroliza cimentului, formînd compuşi metalo-siloxan-organici contribuind la îmbunătăţirea proprietăţilor mortarelor şi betoanelor cu astfel de adaosuri [20].

Mortarele şi betoanele cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari se clasifică în general după tipul liantului mineral şi tipul liantului organic folosit la preparare, de exemplu mortare şi betoane cu ciment şi poliacetat de vinil, mortare de ciment şi latex de cauciuc etc.

Scanned with OKEN Scanner

Din întreaga gamă de compuşi macromoleculari — produse naturale şi sintetice — care pot fi folosiţi pentru confecţionarea mortarelor şi betoanelor din acestă grupă, pe baza datelor experimentale obţinute pînă în prezent, rezultate mai bune se obţin prin folosirea latexului de cauciuc natural şi sintetic, a emulsiilor apoase pe bază de poliacetat de vinil, a copolimerilor aceto-clorurii de vinil şi clorurii de viniliden, a compuşilor furanici şi fenol-formaldehidici, a compuşilor silico-organici etc. [2, 3, 5, 14, 18].

2. COMPONENŢII MORTARELOR ŞI BETOANELOR CU LIANŢI MINERALI ŞI COMPUŞI MACROMOLECULARI

Componenţii acestui tip de mortare şi betoane sînt în general aceiaşi ca şi în cazul mortarelor şi betoanelor obişnuite la care se adaugă compusul macromolecular. Astfel în compoziţia mortarelor şi betoanelor cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari intră următoarele materiale artificiale şi naturale:

— lianţii minerali — cei mai utilizaţi fiind cimenturile de tip portland, sau portland cu adaosuri [1, 7, 23, 30, 31];

— liantul organic — adaosul de compuşi macromoleculari;

—agregatele minerale — (în domeniul ce face obiectul prezentei lucrări), în special cele naturale grele, care trebuie să îndeplinească aceleaşi condiţii de calitate ca în cazul mortarelor şi betoanelor obişnuite [1, 31];

— apa de amestecare trebuie să satisfacă condiţiile de calitate prevăzute de STAS 790-1961.

3. MATERIALE CU ADAOS DE LATEX DE CAUCIUC NATURAL ŞI LATEX DE CAUCIUC SINTETIC

Prin introducerea latexului (dispersie de cauciuc natural sau sintetic în apă) în mortarele şi betoanele de ciment cu dozaj ridicat 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3, se obţin materiale cu proprietăţi valoroase pentru diferite scopuri. Astfel de proprietăţi sînt: capacitatea de a prelua deformaţii sub sarcină fără să se deterioreze materialul; rezistenţă mare la şoc şi uzură; aderenţă mult sporită faţă de oţel, beton şi alte materiale de construcţie — proprietăţi hidroizolatoare superioare

Scanned with OKEN Scanner

şi rezistenţă sporită la acţiunea diverşilor agenţi chimici agresivi (în comparaţie cu mortarele şi betoanele obişnuite).

Folosirea latexului de cauciuc natural ca adaos pentru îmbunătăţirea proprietăţilor mortarelor şi betoanelor de ciment, este cunoscută de circa o jumătate de secol. După ce a fost pusă la punct producţia latexurilor de cauciuc sintetic, au apărut patente în diferite state privind utilizarea acestora în diverse combinaţii (în general compoziţii de mortare de ciment) ca materiale de construcţii. În anii celui de al doilea război mondial, cînd a crescut mult producţia de cauciuc sintetic, s-a folosit pe scară largă tencuieli impermeabile la rezervoare de apă şi benzină, sau pentru lichide cu acţiune corosivă şi s-au executat îmbrăcăminţi (strate de uzură) la şosele de mare trafic şi piste de aviaţie, folosindu-se ca adaos la mortare şi betoane latexul de cauciuc sintetic, sau dispersii de cauciuc regenerat [5, 9].

Proprietăţile mortarelor şi betoanelor cu adaos de latex de cauciuc în compoziţie sînt influenţate de mai mulţi factori (unii din aceştia insuficient studiaţi pînă în prezent), dintre care: tipul latexului şi cantitatea de material solid (cauciuc) din latex, de raportul dintre materialul solid şi ciment, de natura stabilizatorului folosit pentru evitarea coagulării latexului la amestecarea cu cimentul etc.

Procesele care însoţesc formarea structurii acestui tip de material, sînt cunoscute în prezent numai în parte şi numai pe baza observaţiilor asupra fenomenelor exterioare. Astfel L. Griffiths [8], cercetînd fenomenele care au loc în urma

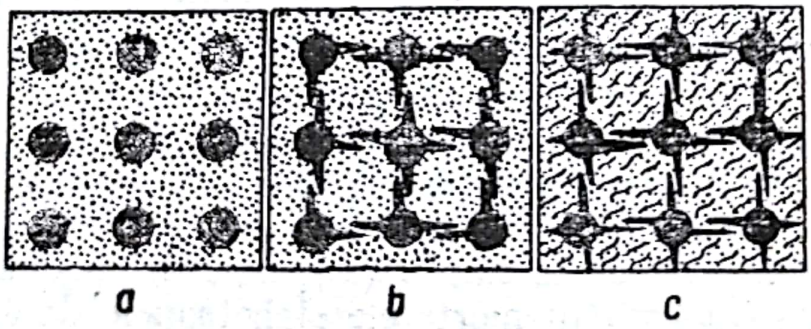


Fig. II.1. Schema formării unui amestec de latex şi ciment (după L. G. Griffiths).

amestecului cimentului cu latexul de cauciuc, a ajuns la concluzia că iniţial cimentul portland absoarbe apa din latex (fig. II.1, *a*) ca şi în cazul mortarului obişnuit şi se obţine

şi se dezvoltă structura cristalină gelică a pietrei de ciment (fig. II.1, *b*). Atunci cînd în ciment se încheie procesele de cristalizare, intervine probabil coagularea particulelor de cauciuc în urma deshidratării latexului. Cristalele de ciment, acoperindu-se cu particule de cauciuc, se unesc între ele şi se creează două faze structurale, reprezentate de reţeaua spaţială a cauciucului, dispusă în reţeaua tridimensională a liantului mineral cristalizat (fig. II.1, *c*).

Prezenţa unei astfel de structuri este confirmată de apariţia masei poroase de cauciuc în urma spălării cimentului dintr-un astfel de amestec cu ajutorul unui acid.

Alte lucrări [5, 34] arată că existenţa celor două structuri continue, conform celor menţionate mai înainte, nu este o regulă generală, ci o excepţie şi în mod obişnuit predomină una din cele două structuri (în funcţie de raportul dintre liantul organic şi liantul mineral) şi numai structura predominantă este continuă.

Astfel W. Wren [34] studiind la microscop diverse amestecuri de latex-ciment a constatat că în cazul probelor cu ciment aluminos la care raportul material solid-ciment (cauciuc/ciment) este mai mic decît 0,2, produsele hidratării cimentului formează o fază reticulară continuă. O astfel de structură condiţionează rezistenţa mecanică superioară a materialului întărit (în special rezistenţa la compresiune). De asemenea s-a constatat că există posibilitatea adsorbţiei particulelor de cauciuc pe particulele de ciment nehidratate şi posibilitatea ca latexul să coaguleze înainte de formarea structurii pietrei de ciment, precum şi influenţa stabilizatorilor asupra conţinutului de fază cristalină din amestec. Exemplu în cazul folosirii hidroxidului de potasiu (KOH) ca stabilizator, conţinutul de fază cristalină al amestecurilor este mai mare decît în cazul folosirii saponinei ca stabilizator.

Adaosul de latex de cauciuc sintetic are ca efect încetinirea procesului de priză şi întărire a cimentului, în prima perioadă de la turnare. Adaosul de clorură de calciu ($CaCl_2$) în procent de 1—2% din greutatea cimentului folosit în amestec accelerează creşterea rezistenţei la compresiune a mortarului cu adaos de latex de cauciuc sintetic ca şi în cazul mortarelor de ciment obişnuite.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. II.2 s-au redat pe baza datelor lui Iu. S. Cerkinski [6] rezultatele încercărilor efectuate cu latex N-950 şi ciment portland.

Contracţia epruvetelor de mortar 1:3 cu adaos de latex în compoziţie este puţin mai mare decît a epruvetelor de mortar obişnuit 1:3, creşterea contracţiei fiind mai accentuată în prima perioadă de întărire (fig. II.3).

Rezistenţa la compresiune şi modulul de elasticitate al mortarelor şi betoanelor cu adaos de latex de cauciuc în compoziţie sînt mai reduse decît rezistenţa materialelor fără adaos de latex în compoziţie, variind în funcţie de tipul latexului şi raportul cauciuc-ciment din amestec [5, 6, 13, 27, 32] (fig. II.4 şi tabelele II.1 şi II.2), iar rezistenţa la întindere axială şi întindere din încovoiere creşte în funcţie de factorii menţionaţi. Aceasta se explică prin faptul că adaosul de latex conferă materialului o elasticitate mai mare şi aderenţă mai bună în sistemul liant-agregat, lucru pus în evidenţă şi de alungirile limită mai mari ale mortarelor şi betoanelor cu adaos de latex (tabela II.1).

Rezistenţa la şoc a materialelor cu latex de cauciuc sintetic determinată pe cuburi de 3 × 3 × 3 cm (cu aparatul tip Page) creşte sensibil cu procentul de substanţă solidă (cauciuc) (fig. II.5), atingînd valoarea maximă pentru raportul cauciuc-ciment de 0,40—0,60 cu menţiunea că la rapoarte mici cauciuc-ciment (sub 0,1%) rezistenţa la şoc nu creşte, ci chiar scade uşor [27].

Pentru verificarea aderenţei la stratul suport de mortar de ciment, s-au lipit epruvete prismatice din mortar de ciment cu dimensiunile 4 × 6 × 2 cm, cu pastă de ciment şi pastă de ciment cu adaos de latex N. 950 în diverse procente, obţinîndu-se rezultatele redate în tabela II.3 [6], care arată că aderenţa la stratul suport (determinată prin încercarea de forfecare a rostului dintre epruvetele lipite) creşte cu procentul de latex din pasta de lipire.

Încercările de permeabilitate a straturilor de mortar cu latex de cauciuc s-au efectuat de I. Priscenko [27] pe epruvete cilindrice de beton (h = 0,35 mm şi d = 70 mm) confecţionate cu agregat în două sorturi 0—5 şi 5—10 mm cu dozaj de 320 kg ciment la metru cub de beton. Epruvetele au fost păstrate 21 zile în mediu umed, după care pe una din feţele epruvetelor s-a aplicat un strat de mortar cu adaos de

Scanned with OKEN Scanner

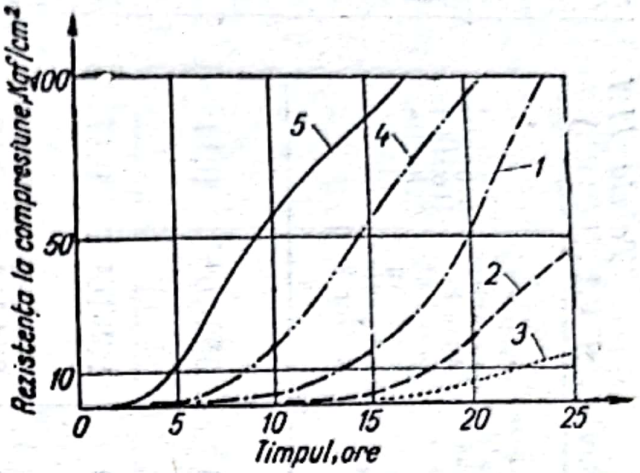


Fig. II.2. Cinetica formării structurii pastei de ciment cu adaos de latex N-950 și $CaCl_2$:

1 — pastă de ciment + 5% N-950; *2* — idem + 10% N-950; *3* — idem + 20% N-950; *4* — idem + 10% N-950 + 1% $CaCl_2$; *5* — idem + 10% N-950 + 2% $CaCl_2$.

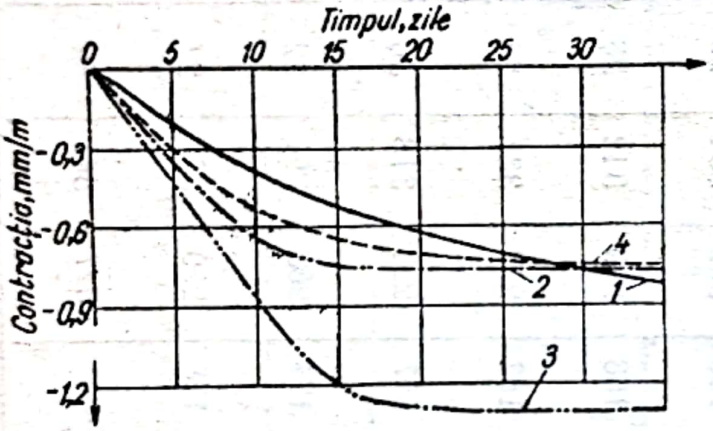


Fig. II.3. Contracția mortarelor de ciment 1 : 3 cu adaos de latex N-950:

1 — mortar 1:3; *2* — idem 5% N-950; *3* — idem + 10% N-950; *4* — idem + 20% N-950.

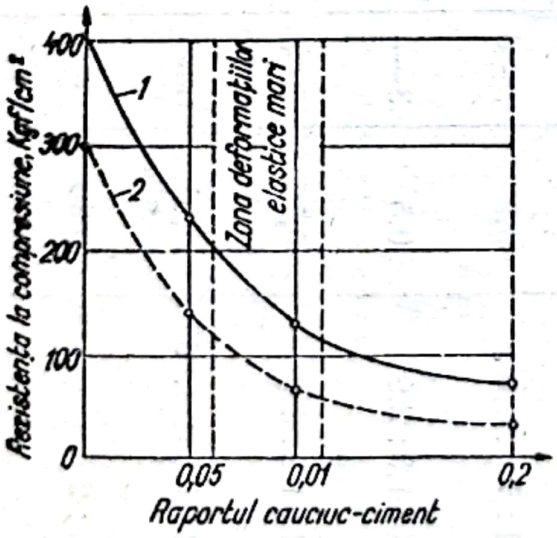


Fig. II.4. Variația rezistenței la compresiune în funcție de raportul cauciuc/ciment:

a/c = 0,45); *1* — dozaj 1:1; *2* — dozaj 1:2

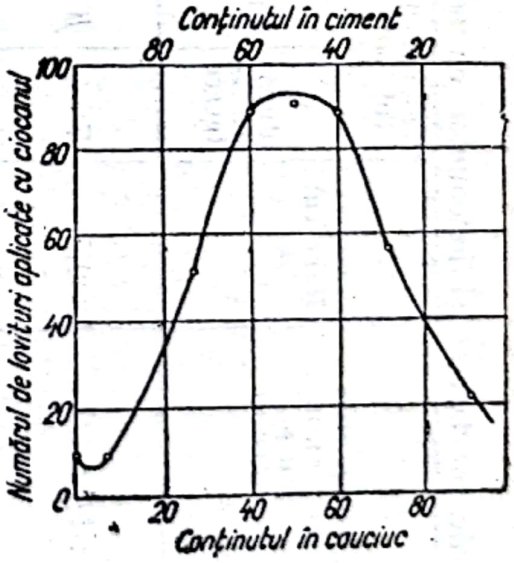


Fig. II.5. Variația rezistenței la șoc a betonului de ciment cu adaos de latex de cauciuc în funcție de procentul de cauciuc.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.1

Proprietăţile mortarelor şi betoanelor cu adaos de latex DVHB-70 după Ju. A. Savina şi V.E. Leirich)

Adaos de latex DVHB-70 substanţă solidă,%	Compoziţia betonului sau a mortarului	Raportul *a/c*	Tasarea conului standard cm		Rezistenţa la rupere, kgf/cm²					Modulul de elasticitate la *a/c*=0,45 la vîrsta de 28 zile kgf/cm²	Alungirea limită la 28 zile mm/m
					Compresiune			Întindere axială			
			după amestecare	după 30 min	7 zile	28 zile	90 zile	28 zile	90 zile		
0	1 : 1,7 : 3,2	0,5	7—8	5—6	186	302	334	25	26	$352 \cdot 10^3$	0,14
1	1 : 1,63 : 3,1	0,5	4—5	3	168	289	342	28	30	$258 \cdot 10^3$	0,17
1,5	1 : 1,6 : 3,0	0,5	5—6	4	163	278	337	28	29	$234 \cdot 10^3$	0,18
2	1 : 1,5 : 2,9	0,5	3—4	2—3	157	266	318	30	33	$220 \cdot 10^3$	0,19
0	1 : 1,9 : 3,6	0,55	7—8	5—6	174	268	291	22	24	$320 \cdot 10^3$	0,13
1	1 : 1,65 : 3,16	0,55	5—6	3—4	158	260	304	27	28	$452 \cdot 10^3$	0,34
2,8	1 : 2	0,30	—	—	—	527	541	82	79	$148 \cdot 10^3$	0,34

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.2

Variaţiile rezistenţei la compresiune şi încovoiere a mortarelor 1 :3 cu adaos de latex N-950 (după Iu. S. Cerkinski)

Substanţa solidă de latex, % din ciment	Raportul *a/c*	Împrăştierea conului mm	Rezistenţa kgf/cm²							
			Compresiune				Întinderea axială			
			7 zile	14 zile	28 zile	6 luni	7 zile	14 zile	28 zile	6 luni
0	0,47	130	96	96	96	100	24,8	23,2	28,2	32,9
5	0,55	130	48	48	48	56,2	16,8	16,2	17,8	16,8
10	0,45	160	58,4	64	67	67	22,0	21,5	21,7	25,0
20	0,22	160	89,6	80	96	96	44,0	41,2	50,0	50,0

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.3

Rezistenţa la forfecare a rosturilor dintre epruvetele de ciment în funcţie de procentul de latex *) încercate după 7 zile de păstrare în aer

Substanţă solidă de latex, în % din ciment	Raportul *a/c*	Rezistenţa la forfecare kgf/cm²
0	0,4	0,3
2	0,35	3,35
4	0,34	4,32
6	0,36	4,48
8	0,34	6,74
10	0,35	9,99
20	0,20	12,77

*) Din pasta de ciment folosită pentru lipire.

latex în grosime de 3—4 mm, apoi epruvetele s-au păstrat 7 zile în aer în laborator. În continuare epruvetele au fost supuse la presiuni ale apei pînă la 8 at. Aceste încercări au arătat că acest tip de mortare sînt practic impermeabile (tabela II.4).

Tabela II.4

Rezultatele încercărilor de permeabilitate

Mortar de ciment	Adaos de latex de cauciuc sintetic substanţă solidă %	Grosimea stratului hidroizolator aplicat pe epruvetă mm	Presiunea apei, at				Rezultatele încercărilor
			2	4	5	8	
			Durata observaţiilor, ore				
1 : 1	10	3—4	20	8	4	2	Epruvete
1 : 2	5	3—4	20	8	4	2	uscate

În alt material [32] se arată că, pentru verificarea impermeabilităţii betonului cu latex DHVB-70, s-a executat cu acest material un rezervor de 4,5 m³ capacitate, care s-a umplut cu benzină şi a fost apoi lăsat în repaos timp de 20 luni de la umplere, interval în care nu s-a observat fil-

Scanned with OKEN Scanner

trarea benzinei prin pereţi şi fundul rezervorului, trăgîndu-se concluzia că adaosurile de latex DHVB-70 măresc simţitor gradul de impermeabilitate al betonului.

Încercările la îngheţ-dezgheţ pe mortare 1:1, 1:2 cu adaosuri de 5—10% latex de cauciuc sintetic au arătat că epruvetele supuse la 62 cicluri îngheţ-dezgheţ (16 ore la —22°C şi 8 ore în apă la temperatura de 16—18° un ciclu) nu prezintă semne de degradare, iar proprietăţile elastice ale acestora nu s-au schimbat.

Literatura de specialitate mai arată că la epruvete din mortar de ciment cu adaos de latex de cauciuc sintetic, păstrate 8——9 ani în aer uscat nu s-a observat schimbarea proprietăţilor elastice iniţiale, ajungînd la concluzia că aceste materiale au o bună durabilitate în timp [27].

Datorită proprietăţilor mortarelor şi betoanelor cu latex de cauciuc sintetic ele se pot folosi în următoarele direcţii:

— tencuieli impermeabile la rezervoare de apă, produse petroliere, la decantoare şi staţii de epurare a apelor uzate;

— straturi impermeabile peste dalele prefabricate de beton obişnuit, folosite la execuţia a diverse canale pentru transportul apei în hidrotehnică, hidroamelioraţii, alimentări cu apă, ca şi pentru impermeabilizarea tuburilor de beton folosite în lucrări de canalizare etc.;

— pentru închiderea rosturilor între elementele prefabricate utilizate în lucrările menţionate mai sus;

— ca straturi de uzură la şosele de mare trafic şi piste de aviaţie.

4. MATERIALE CU ADAOS DE POLIACETAT DE VINIL ŞI MATERIALE CU ADAOS DE COPOLIMERI ACETO-CLORURĂ DE VINIL

a. Mortare şi betoane cu adaos de poliacetat de vinil

Utilizarea poliacetatului de vinil ca adaos la mortare şi betoane se bazează pe proprietăţile bune de liant ale acestui produs al industriei chimice de sinteză, care folosit în combinaţie cu lianţii minerali, contribuie la îmbunătăţirea proprietăţilor materialelor clasice [4, 22, 25].

Cercetările ample efectuate în laboratoare diferite au arătat că prin introducerea emulsiilor apoase de poliacetat de

Scanned with OKEN Scanner

vinil în mortare şi betoane, se modifică atît proprietăţile materialelor proaspete cît şi proprietăţile materialelor întărite [2, 3, 4, 5, 9, 10, 11].

Emulsiile apoase de poliacetat de vinil *) conţin circa 50% substanţă solidă şi circa 50% apă. Stabilitatea emulsiilor în timp şi la amestecarea cu cimentul este asigurată prin introducerea în emulsie, în procesul de fabricaţie, a unui emulgator şi coloid de protecţie — alcoolul polivinilic.

Emulsiile de poliacetat de vinil folosite ca adaos la mortare şi betoane pot influenţa diferit proprietăţile mortarelor şi betoanelor în funcţie de tipul emulsiei — neplastifiată, sau plastifiată — (în cazul folosirii emulsiilor plastifiate în funcţie de tipul şi procentul de plastifiant folosit în fabricaţia emulsiei) şi în funcţie de mărimea particulelor din emulsie şi viscozitatea emulsiei etc.

Cercetările efectuate au arătat că rezultatele cele mai bune în ce priveşte creşterea rezistenţelor mecanice ale mortarelor şi betoanelor cu astfel de adaosuri se obţin folosind emulsii neplastifiate, cu particule între 1 şi 2 μ, lipsite de aglomerări şi viscozitate de 2 000—4500 cP [2, 3, 9, 11].

Influenţa poliacetatului de vinil asupra proprietăţilor mortarelor şi betoanelor proaspete. Cercetările au pus în evidenţă următoarele [2, 3, 12]:

— adaosul de poliacetat de vinil lungeşte într-o anumită măsură timpul de priză al cimentului; lungirea timpului de priză creşte cu creşterea procentului de adaos;

— adaosul de poliacetat de vinil se manifestă ca plastifiant şi antrenor de aer în mortare şi betoane, fapt datorită căruia raportul *a/c* şi greutatea specifică scad uşor o dată cu creşterea procentului de adaos;

— adaosul de poliacetat de vinil nu modifică procesul de preparare a mortarelor şi betoanelor (cu menţiunea că pentru amestec sînt indicate utilajele ce efectuează amestecul forţat al componenţilor) şi nu modifică culoarea acestora.

Influenţa poliacetatului de vinil asupra proprietăţilor mortarelor şi betoanelor întărite. Cercetările şi încercările efectuate

*) Folosirea acestora ca adaos la mortarele şi betoanele de ciment a fost studiată la Institutul de studii şi cercetări hidrotehnice (I.S.C.H.) şi Institutul de Cercetări în construcţii şi economia construcţiilor (INCERC) în anii 1961—1963.

Scanned with OKEN Scanner

au arătat că mortarele şi betoanele cu poliacetat de vinil ating rezistenţa mecanică maximă, în cazul păstrării epruvetelor după confecţionare circa 24 ore în mediu cu umiditate mare (pentru evitarea unei uscări premature şi a contracţiei iniţiale mai accentuate la aceste materiale) şi apoi, pînă la vîrsta încercării în mediu cu umiditate relativă de circa 50%. În tabelele II.5—II.8 s-au redat rezultatele încercărilor efectuate de J. Bracard [3] pe epruvete de mortare şi betoane păstrate în aer cu 50% umiditate relativă.

Tabela II.5

Rezultatele încercărilor la 28 zile pe epruvete din mortar 1:3 (ISO)* cu adaos de poliacetat de vinil

Rezistenţe mecanice	Poliacetat de vinil **), %				
	0	5	10	20	40
Întindere axială, kgf/cm²	23	43	61	80	57
Încovoiere, kgf/cm²	41	83	137	185	143
Săgeata, mm × 100	45	267	375	787	730
Compresiune, kgf/cm²	229	248	274	342	—

*) Organizaţia internaţională pentru standarde.
**) poliacetatul de vinil s-a calculat în procente de substanţă solidă din greutatea cimentului din amestec.

Tabela II.6

Rezultatele încercărilor la 28 zile pe epruvete din beton cu 350 kg ciment la metru cub, şi pietriş de Sena preparat cu 180 l apă

Rezistenţe mecanice		Poliacetat de vinil *) %				
		0	10	20	40	60
Încovoiere	kgf/cm²	37	69	85	97	86
Compresiune	kgf/cm²	229	216	197	178	151

*) Poliacetatul de vinil s-a calculat în procente de substanţă solidă din greutatea cimentului din amestec.

În tabelele II.9—II.10 s-au redat după J. Bracard [3] rezultatele încercărilor efectuate pe epruvete din mortare şi betoane păstrate de la data decofrării pînă la vîrsta de încercare în apă, sau în aer cu umiditate relativă peste 90%.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.7

Creşterea modulului de elasticitate dinamic cu vîrsta epruvetelor din mortar 1 : 3 (ISO)

Vîrsta epruvetelor	2 zile	6 zile	28 zile	90 zile
Mortar fără adaos, kgf/cm²	223 000	244 000	236 000	241 000
Mortar cu 20% poliacetat de vinil*) kgf/cm²	74 000	95 000	192 000	207 000

Tabela II.8.

Creşterea rezistenţelor epruvetelor păstrate 90 zile în aer cu 50% umiditate

Materialul încercat	Încovoiere, kgf/cm²	Compresiune, kgf/cm²
Mortar 1 : 3 (ISO) fără adaos	44,00	202
Idem cu 20% poliacetat de vinil*)	186,00	420
— Beton cu 350 kg ciment la metru cub	73,00	382
Idem cu 20% poliacetat de vinil*)	144,00	245

Tabela II.9

Creşterea rezistenţei epruvetelor păstrate 90 zile în apă

Materialul încercat	Încovoiere kgf/cm²	Compresiune kgf/cm²
Mortar 1 : 3 (ISO) fără adaos	79	355
Idem cu 20% poliacetat de vinil*)	63	176
Beton cu 350 kg ciment la metru cub	82	433
Idem cu 20% poliacetat de vinil	58	151

*) Poliacetatul de vinil s-a calculat în procente de substanţă solidă din greutatea cimentului din amestec.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.10

Creşterea modulului de elasticitate dinamic cu vîrsta epruvetelor la păstrarea în aer umed (peste 90% umiditate relativă) pînă la vîrsta de încercare

Materialul încercat	Vîrsta epruvetelor			
	2 zile	7 zile	28 zile	90 zile
Mortar 1 : 3(ISO) fără adaos	217 000	292 000	327 000	343 000 kgf/cm²
Idem cu 20% poliacetat de vinil*)	75 000	102 000	118 000	153 000 kgf/cm²
Beton cu 350 kg ciment la metru cub	329 000	378 000	405 000	420 000 kgf/cm²
Idem cu 20% poliacecetat de vinil*)	132 000	157 000	173 000	177 000 kgf/cm²

*) Poliacetatul de vinil s-a calculat în procente de substanţă solidă din greutatea cimentului din amestec.

La păstrarea epruvetelor pînă la vîrsta încercării în aer cu umiditate relativă de 70—85%, rezultatele ce se obţin au valori intermediare celor obţinute la păstrarea epruvetelor în condiţiile extreme menţionate anterior.

În fig. II.6—II-9 s-au reprezentat rezultatele încercărilor efectuate în ţara noastră [12] pe mortare 1 : 3 cu ciment PZ 400 şi nisip de rîu 0—5 mm, păstrate pînă la vîrsta încercării în aer cu umiditatea relativă între 70 şi 85%.

Mortarele şi betoanele cu adaos de poliacetat de vinil au aptitudinea de a se deforma (alungi) sub sarcina de rupere la întindere axială, sau la încovoiere de 2—3 ori mai mult în comparaţie cu materialele fără adaos, indiferent de regimul de păstrare a epruvetelor — aer sau apă [3, 9, 11].

Contracţia şi umflarea epruvetelor din mortare şi betoane cu adaos de poliacetat de vinil este mai mare decît la mortarele şi betoanele obişnuite şi creşte cu creşterea procentului de adaos de poliacetat de vinil. În tabela II.11 sînt redate rezultatele încercărilor pe epruvete din mortar cu 20% poliacetat de vinil [3].

Scanned with OKEN Scanner

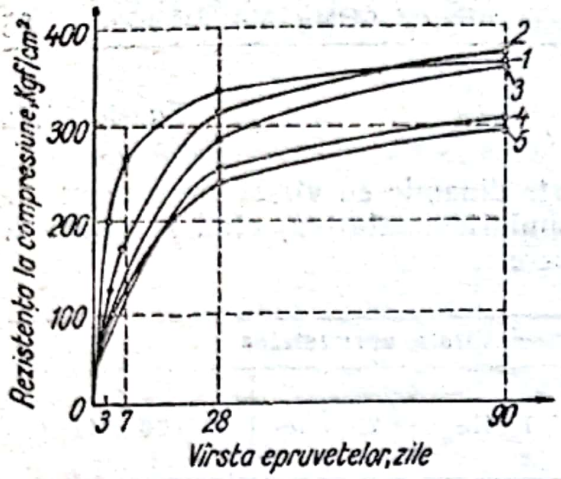


Fig. II.6. Creşterea rezistenţei la compresiune la epruvetele confecţionate cu mortar 1 : 3 şi emulsie neplastifiată:

1 — epruvete fără emulsie; *2* — epruvete cu emulsie în raportul 0,05 PVA/*c*; *3* — idem 0,10 PVA/*c*; *4* — idem 0,20 PVA/*c*; *5* — idem 0,25 PVA/*c*.

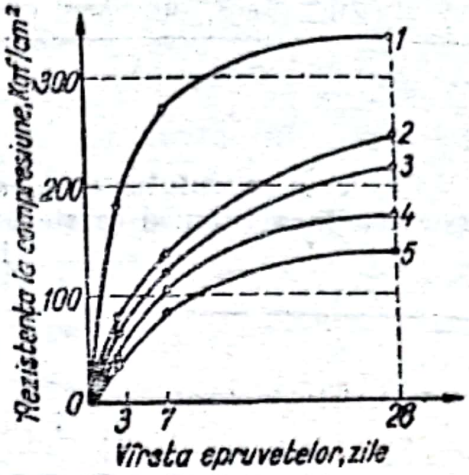


Fig. II.7. Creşterea rezistenţei la compresiune la epruvetele confecţionate cu mortar 1 : 3 şi emulsie plastifiată:

1 — epruvete fără emulsie; *2* — epruvete cu emulsie în raportul 0,05 PVA/*c*; *3* — idem 0,10 PVA/*c*; *4* — idem 0,20 PVA/*c*; *5* — idem 0,25 PVA/*c*.

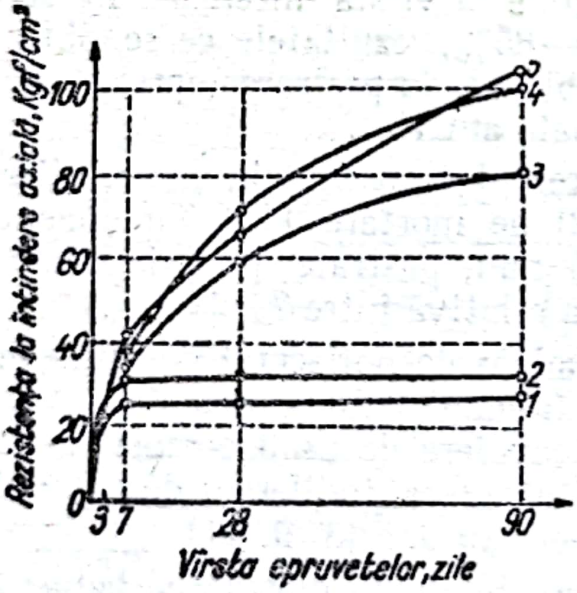


Fig. II.8. Creşterea rezistenţei la întindere axială la epruvetele confecţionate din mortar 1 : 3 cu emulsie neplastifiată (*1*, *2*, *3*... au aceeaşi semnificaţie ca la fig. II.6).

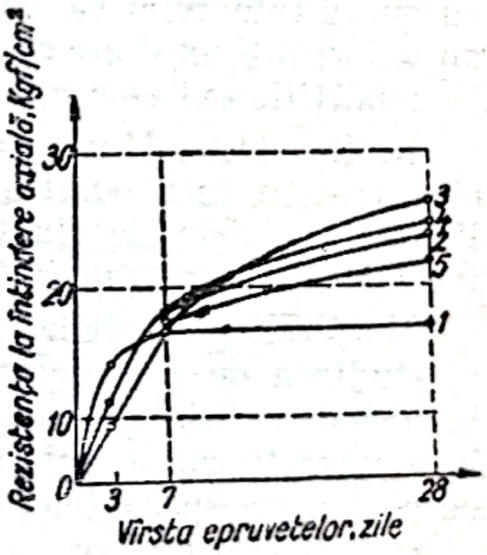


Fig. II.9. Creşterea rezistenţei la întindere axială la epruvetele confecţionate din mortar 1 : 3 cu emulsie plastifiată (*1*, *2*, *3*... au aceeaşi semnificaţie ca la fig. II.7).

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.11

Contracţia şi umflarea epruvetelor păstrate în aer cu 50% umiditate relativă şi în apă pînă la data determinării

Caracteristica	2 zile	7 zile	28 zile	90 zile
Contracţia, în mm/m — Mortar 1 : 3 (ISO)	0,05	0,38	0,85	0,96
Idem cu 20% adaos	0,54	2,21	6,58	7,2
Idem Beton cu 350 kg ciment la metru cub	0,01	0,04	0,20	0,40
Idem cu 20% adaos	0,02	0,33	1,29	2,51
Umflarea, în mm/m—Mortar 1 : 3(ISO)	0,05	0,09	0,16	0,19
Idem cu 20% adaos	0,38	1,18	3,28	3,66
Idem Beton cu 350 kg ciment la metru cub	0,01	0,05	0,05	0,07
Idem cu 20% adaos	0,16	1,03	2,34	3,43

În cazul păstrării epruvetelor cu adaos de poliacetat de vinil în primele 24 ore în mediu cu umiditate relativă ridicată (90—100%) şi apoi în aer cu 50% umiditate, contracţia acestora se reduce sensibil. Se menţionează că adaosurile de poliacetat de vinil emulsie plastifiată cu dibutil-ftalat de tipul EP-50 în procente egale conduc la obţinerea de contracţii mai mici decît emulsiile neplastifiate de tipul E-50. De asemenea şi în cazul epruvetelor păstrate un interval de timp pentru întărire în aer cu 70—85% umiditate relativă, după imersarea lor în apă un timp îndelungat, valorile ce se obţin la măsurarea umflării sînt mai reduse decît cele din tabela II.11.

Încercările privind influenţa adaosului de poliacetat de vinil asupra aptitudinii la fisurare a mortarelor şi betoanelor au arătat că chiar adaosuri în procente reduse ameliorează sensibil această deficienţă a materialelor clasice [3]. Încercările s-au efectuat după metoda lui M. Virannouot, în care păstrarea iniţială a epruvetelor se face timp de 48 ore la 99% umiditate şi încercarea propriu-zisă, în aer cu 50% umiditate, cu ventilaţie forţată la suprafaţa epruvetei.

Rezultatele încercărilor sînt redate în tabela II.12.

Aderenţa la betonul vechi a mortarului şi betonului cu adaos de poliacetat de vinil creşte considerabil în raport cu materialele fără adaos. Încercările la încovoiere sub sarcină

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.12

Aptitudinea de fisurare a mortarelor şi betoanelor în funcţie de procentul de adaos de poliacetat de vinil (substanţă uscată)

Materialul	Poliacetat de vinil, % din dozajul de ciment				
	0	1	2,5	5	7,5
Mortar: 1 : 3 (ISO) Timp de fisurare	59 ore	—	117 ore	161 ore	720 ore fără fisurare
Beton cu 350 kg. ciment la metrucub — Timp de fisurare	504 ore	2 160 ore	—	—	—

concentrată a unei prisme, executată din două semiprisme (fig. II.10) din care una din material vechi fără adaos iar cea de a doua cu adaos de minimum 5% substanţă solidă turnată ulterior la capătul prizmei, păstrate timp de 28 zile în aer cu 60—70% umiditate relativă, au arătat că ruperea se produce între zona alăturată prin mortarul sau betonul vechi şi nu în secţiunea de lipire, care este şi secţiunea de efort maxim [3, 12].

Rezistenţa la uzură a mortarelor cu adaos de poliacetat de vinil creşte cu procentul de adaos, fiind de circa 3—20 ori

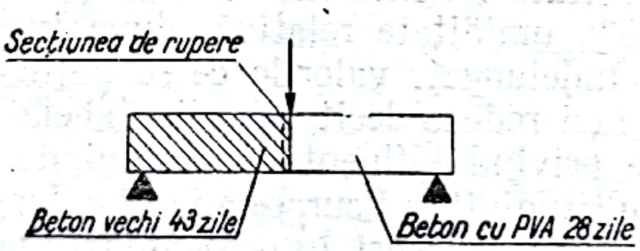


Fig. II.10. Modul de rupere a unei prisme confecţionată prin turnarea a două semiprisme la interval de 15 zile (în cazul unei bune compactări ruperea se produce prin betonul fără adaos de PVA).

mai mare decît a epruvetelor fără adaos [3, 9, 11, 12]. În fig. II.11 s-au reprezentat grafic rezultatele cercetărilor efectuate la I.S.C.H. [9] pe mortare 1 : 3 cu ciment PZ 400 şi nisip de rîu 0—5 mm.

Scanned with OKEN Scanner

Variaţia uzurii epruvetelor din mortar 1 : 3 (ISO) în funcţie de procentul de adaos [3) este următoarea:

	Poliacetat de vinil (substanţă solidă), %					
	0	1	2	5	10	20
Uzura în mm	6,0	2,1	1,9	1,9	0,5	0,3

Absorbţia de apă a epruvetelor (fig. II.12) scade cu creşterea procentului de adaos de poliacetat de vinil, fiind însă influenţată într-o anumită măsură de timpul de imersare [3, 9, 10, 11, 12].

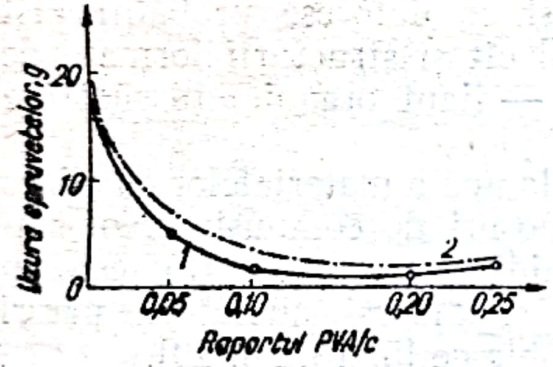


Fig. II.11. Uzura epruvetelor confecţionate din mortar 1 : 3 în funcţie de raportul PVA/*c*:
1 — cu emulsie neplastifiată; *2* — cu emulsie plastifiată.

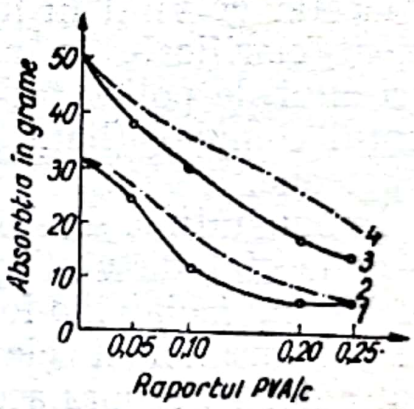


Fig. II.12. Absorbţia de apă a epruvetelor confecţionate din mortar 1 : 3 în funcţie de raportul PAV/*c*:
1 — absorbţia epruvetelor cu emulsie neplastifiată la 1 oră; *2* — idem cu emulsie plastifiată la 1 oră; *3* — idem cu emulsie neplastifiată la 72 ore; *4* — idem cu emulsie plastifiată la 72 ore.

Permeabilitatea mortarului cu adaos de poliacetat de vinil este de 2—5 ori mai mică decît permeabilitatea mortarelor fără adaos. Gradul de impermeabilitate creşte cu procentul de adaos.

La cicluri alternative de imersare în apă şi păstrare ulterioară în aer cu 50% umiditate se constată o variaţie a rezistenţelor mecanice ale epruvetelor cu adaos de poliacetat de vinil, în sensul că rezistenţele scad la imersarea

Scanned with OKEN Scanner

în apă, pînă la 50—60% din rezistenţa iniţială în funcţie de procentul de adaos, tipul materialului (mortar sau beton), vîrsta epruvetelor la data imersării (fiind mai sensibile cele cu vîrste mici) şi durata imersării în apă. Epruvetele imersate, păstrate ulterior în aer cu circa 50% umiditate relativă, ating în timp de 7—15 zile performanţele de rezistenţă mecanică iniţiale şi în timp rezistenţele continuă să crească uşor [2, 3, 5, 12, 13].

De asemenea epruvetele cu adaos care au fost păstrate 28—90 zile în apă după confecţionare conduc la obţinerea de rezistenţe mai reduse la termenele de încercare; însă dacă se păstrează după scoaterea din apă 7—28 zile în aer cu 50% umiditate, ating rezistenţele epruvetelor păstrate după confecţionare în aer.

Aceste variaţii ale rezistenţei materialelor cu adaos de poliacetat de vinil în funcţie de saturarea cu apă sînt insuficient clarificate în prezent şi se datoresc probabil atît adaosului de poliacetat de vinil cît şi structurii formate de liantul complex (liant mineral — liant organic) în mortare şi betoane.

Îmbunătăţirea sensibilităţii la apă a materialelor cu adaos de poliacetat de vinil prin adaosuri de compuşi ureoformaldehidici, melamino-formaldehidici sau de alt tip, este în prezent insuficient clarificată şi diverşi autori au păreri contradictorii asupra acestei probleme [5, 13, 26, 29].

Cu privire la creşterea rezistenţei mortarelor şi betoanelor cu adaos de poliacetat de vinil în timp, se menţionează că, chiar după un an de la confecţionare, rezistenţele continuă să înregistreze sporuri şi în timp de 3—4 ani nu s-a observat o deteriorare a proprietăţilor acestor materiale chiar în atmosferă cu variaţii de temperatură şi umiditate [3, 13, 14].

Rezistenţa materialelor cu adaos de poliacetat de vinil la diverse tipuri de atac chimic comportă încă discuţii în prezent, însă numeroase experienţe efectuate arată că aceste materiale au rezistenţă superioară faţă de materialele fără adaos la acţiunea uleiului, a benzinei, a diverşilor acizi (între care acidul sulfuric diluat) şi baze în concentraţie mică, la acţiunea apei de mare etc. [3, 5, 10, 14].

Materialele cu adaos de poliacetat de vinil au rezistenţă bună la acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ repetat. Încercările de laborator au arătat că mortarele cu dozaj

1 : 3—1 : 5 și adaos de 10—20% poliacetat de vinil (substanță solidă) rezistă în condiții satisfăcătoare la acțiunea a 50 cicluri de îngheț-dezgheț repetat. Comportarea bună a acestor materiale la acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț este confirmată și de rezistența timp îndelungat la acțiunea agenților climatici a reparațiilor efectuate la îmbrăcămințile de beton pe șosele în exploatare [12, 29].

Asupra durabilității mortarelor și betoanelor cu poliacetat de vinil se fac următoarele precizări [3, 12, 13, 14]:

— pe autostrăzile germane se efectuează de circa 10 ani reparații ale îmbrăcăminților de beton cu materiale cu adaos de poliacetat de vinil, care se comportă bine în exploatare sub acțiunea agenților climatici și a traficului intens;

— în Suedia reparațiile îmbrăcăminților de beton pe șosele, cu materiale cu adaos de poliacetat de vinil se efectuează încă din anul 1954 cu rezultate bune în exploatare. În prezent există tendința de a se folosi materiale cu procent redus de adaos 5—10% din dozajul de ciment, atît din considerente economice, cît și pentru ameliorarea sensibilității la apă [14, 29];

— la I.S.C.H. s-a reparat în anul 1961 o porțiune redusă din îmbrăcămintea de beton pe unul din drumurile interioare aplicîndu-se un strat subțire de mortar (circa 3—10 mm grosime) cu dozaj de ciment PZ 400 1 : 4 și 10% adaos de poliacetat (substanță solidă), care se comportă bine pînă în prezent sub circulația vehiculelor și agenților climatici;

— I.S.C.H. a mai executat în anul 1961 tencuieli experimentale de 2 cm grosime peste îmbrăcămintea din beton B 140 și B 170 de 13 cm grosime a unor lucrări de irigații din mortar de ciment 1 : 5 cu adaos de 10% poliacetat de vinil (substanță solidă), care au contribuit la reducerea pierderilor de apă prin infiltrații de 4—5 ori (pe baza măsurătorilor efectuate în anul 1961 și 1962), în comparație cu lucrările cu îmbrăcăminți de beton B 170 de 15 cm grosime. Tencuielile experimentale bine executate se află în stare bună și în prezent.

Domeniul de utilizare în practică a mortarelor și betoanelor cu poliacetat de vinil este în prezent insuficient precizat, însă pare să fie din cele mai largi posibile și anume:

Scanned with OKEN Scanner

— pardoseli fără praf, rezistente la uzură şi anumite tipuri de coroziune chimică în hale de mecanică, industrie optică, staţii de parcare auto, terase etc.;

— straturi de uzură la şosele de mare trafic şi piste de aerodroame;

— tencuieli impermeabile pentru rezervoare şi staţii de epurare a apelor uzate;

— tencuieli la clădiri din elemente prefabricate şi zidării din betoane celulare autoclavizate, sau la clădirile după litoralul mării;

— pentru reparaţii pe betonul vechi în toate categoriile de construcţii (drumuri, aerodroame civile şi industriale, hidrotehnice etc.);

— pentru monolitizarea rosturilor dintre elementele prefabricate folosite în execuţia a diferite construcţii;

— pentru realizarea de punţi de legătură între betonul vechi şi nou prin intermediul unui strat de mortar mai plastic cu adaos de poliacetat de vinil în lucrările de construcţii;

— punţi de legătură între betoane şi metal în construcţiile de vapoare şi alte lucrări etc.;

— diverse tencuieli pentru protecţii superficiale.

b. Materiale cu adaos de copolimeri acetoclorură de vinil

Încercările de a folosi adaosuri care să confere mortarelor şi betoanelor aceleaşi proprietăţi pozitive ca şi poliacetatul de vinil, care însă să fie practic insensibile la apă, i-au condus pe unii cercetători la încercarea emulsiilor de acetoclorură de vinil, cu conţinut de 60—90% policlorură de vinil şi 10—40% poliacetat de vinil. Rezultatele obţinute pînă în prezent sînt diferite în funcţie de mai mulţi parametri şi în general sînt inferioare rezultatelor obţinute în cazul adaosurilor de poliacetat de vinil. Se dau în continuare unele din rezultatele obţinute în Franţa [3] la încercarea unor mortare cu două tipuri de acetoclorură folosite ca adaos în procent de 10% substanţă solidă din greutatea cimentului, cu păstrarea epruvetelor 28 zile în aer cu 50% umiditate relativă:

Scanned with OKEN Scanner

Compresiune, kgf/cm²:

— mortar 1:3 (ISO) 229
— mortar cu acetoclorură nr. 1 226
— mortar cu acetoclorură nr. 2 71

Încovoiere, kgf/cm²:

— mortar 1:3 (ISO) 53
— mortar cu acetoclorură nr. 1 74
— mortar cu acetoclorură nr. 2 20

Alungire la rupere:

— epruvetele din mortar 1:3 (ISO) etalon 1
— Idem cu adaos din acetoclorură nr. 1 1,03
— Idem cu adaos din acetoclorură nr. 3 inferioară etalonului.

În altă lucrare [29] sînt prezentate rezultatele obţinute la încercarea mortarelor de ciment şi nisip cu compoziţie 1 : 3, cu adaos de copolimeri de clorură de vinil în proporţie de 20% faţă de ciment. Rezultatele încercărilor sînt redate în tabela II.13.

Tabela II.13

Proprietăţile mortarelor de ciment 1 : 3 cu adaos de copolimeri acetoclorură de vinil

Parametrii măsuraţi	Mortar de ciment 1 : 3		Mortar de ciment cu adaos de copolimeri 1 : 3	
	păstrat în aer	păstrat în apă	păstrat în aer	păstrat în apă
Raportul *a/c*	0,45	0,45	0,46	0,46
Raport copolimer/ciment (substanţă solidă)	—	—	0,20	0,20
Rezistenţă, kgf/cm²				
— compresiune	172	245	345	248
— întindere axială	13	28	63	28
— încovoiere	35	56	95	54

Avînd în vedere rezultatele discutabile asupra folosirii acetoclorurilor ca adaos la mortare, pînă în prezent nu se cunosc aplicaţii practice mai deosebite cu aceste materiale.

Scanned with OKEN Scanner

5. MATERIALE CU ADAOS DE COMPUȘI FURANICI

În U.R.S.S. la Institutul Unional de Studii și Cercetări pentru Construcții și la Institutul de Studii și Cercetări pentru Mase Plastice s-au efectuat cercetări pentru obținerea de betoane cu caracteristici superioare, folosind compușii furanici [13, 17, 28, 29].

Betoanele cu compuși furanici fac parte din betoanele la prepararea cărora în amestec se introduce un monomer în soluție apoasă și adaosurile care ajută la polimerizarea monomerului și formarea pietrei de ciment. În compoziția acestor betoane se include alcoolul furilic și anilina sub formă de clorhidrat de anilină solubilă în apă. Prin reacția dintre alcoolul furilic și anilină (însoțită de efecte exotermice) se formează compusul furanic macromolecular. Adaosul de alcool furilic în beton încetinește formarea structurii pietrei de ciment și pentru accelerarea întăririi cimentului se folosește ca accelerator clorura de calciu.

Procentul optim de alcool furilic, clorhidrat de anilină și clorură de calciu este în funcție de proprietățile tehnice cerute betonului pentru o anumită lucrare. Astfel, întărirea accelerată a betonului permite obținerea de rezistențe la compresiune de 150—200 kgf/cm² la 24 ore. La întărire normală, rezistența betonului continuă să crească timp îndelungat, astfel că marca acestui beton este indicat a se stabili la 45 zile și nu la 28 zile ca la betoanele obișnuite.

Asupra proprietăților acestui tip de betoane se fac următoarele precizări: au caracteristici de rezistență puțin superioare betonului de bază la care s-a folosit aceleași agregate și dozaj de ciment, aderență la armătură de 35—68 kgf/cm², un grad de impermeabilitate la apă și produse petroliere foarte mare (pînă la 80 at la apă), rezistă bine la circa 400 cicluri de îngheț-dezgheț și au rezistență mare la diverse acțiuni chimice agresive.

Pe baza cercetărilor efectuate în U.R.S.S. s-au stabilit condiții tehnice care prevăd pentru prepararea betonului impermeabil, rezistent la acțiunea benzinei, următoarea compoziție:

ciment	334 kg/m³
apă	134 l/m³
alcool furilic	circa 57 kg/m³
clorhidrat de anilină	8,5 kg/m³

Scanned with OKEN Scanner

Asupra agregatului nu se fac precizări.

Mai recent [29] s-au stabilit caracteristicile mortarelor de ciment şi nisip 1 : 3 cu adaos de compuşi furanici (tabela II.14).

Tabela II.14

Proprietăţile mortarelor de ciment 1 : 3 cu adaos de compuşi furanici după păstrarea timp de 90 zile în apă

Parametrii măsuraţi	Mortar de ciment 1 : 3	Mortar de ciment 1 : 3 cu compuşi furanici
Raportul *a/c*	0,45	—
Rezistenţe mecanice, kgf/cm²		
— compresiune	245	292
— întindere axială	28	23
— încovoiere	56	46
Modulul de elasticitate, kgf/cm²	$3{,}0 \cdot 10^5$	$2{,}25 \cdot 10^5$

În literatura din occident se găsesc de asemenea indicaţii privind folosirea compuşilor furanici sub formă de emulsii apoase, în scopul măririi impermeabilităţii betonului şi rezistenţei acestuia la acţiunea acizilor. Pe baza acestor indicaţii, procentul de compuşi furanici ce se introduce în beton reprezintă 5—10% din greutatea cimentului, iar pentru accelerarea întăririi betonului cu adaos de emulsie de compuşi furanici se recomandă ca în amestec să se adauge acizi slabi.

Asupra fenomenelor care se produc în structura acestui beton se fac următoarele consideraţii:

— polimerizarea alcoolului furilic are loc sub acţiunea clorhidratului de anilină în condiţiile structurii pietrei de ciment în curs de formare, ceea ce duce la închiderea porilor betonului;

— aderenţa compusului furanic cu scheletul cristalin format de ciment în beton şi cu granulele agregatului mineral este bună.

Betonul pregătit pe această bază este destinat fabricării de tuburi execuţiei rezervoarelor în care se păstrează produse petroliere, în lucrările unde se cere rezistenţă la agresi-

Scanned with OKEN Scanner

vitate chimică şi impermeabilitate ridicată (cazul construcţiilor hidrotehnice) etc.

Betoanele cu compuşi furanici nu au fost studiate în ţara noastră deoarece alcoolul furilic nu se fabrică în prezent la noi.

6. MATERIALE CU ADAOS DE COMPUŞI FENOL-FORMALDEHIDICI

În U.R.S.S. a fost studiat un nou material pe bază de compuşi fenol-formaldehidici [18].

Componentele acestuia sînt: cimentul aluminos, nisipul de rîu de granulaţie mică, compusul fenol-formaldehidic şi varul nestins măcinat care are rolul de întăritor.

Acest material nu are contracţie, este plastic şi impermeabil la apă şi gaze pînă la presiunea de 7 at.

Rezistenţa la compresiune determinată pe cuburi de 4 × 4 × 4 cm, pentru reţelele încercate, este dată în tabela II.15.

Tabela II.15

Rezistenţele la compresiune ale epruvetelor din materiale pe bază de compuşi fenol-formaldehidici (FF)

Nr. reţetei	Compoziţia amestecului în greutate netă	Rezistenţa la compresiune în kgf/cm² la vîrsta de:		
	Ciment: nisip: var: FF	28 zile	100 zile	Observaţii
1	1 : 3 : 0,125 : 0,7	137,0	233,75	
2	1 : 3 : 0,175 : 1,0	148,0	166,25	
3	1 : 3 : 0,250 : 1,4	141,0	160,50	
4	1 : 3 : 0,375 : 2,1	131,2	159,75	
5	1 : 3	156,25	—	Mortar de ciment cu nisip, pentru comparaţie

Pe baza rezultatelor obţinute şi la încercările de întindere axială şi întindere din încovoiere, este considerată ca fiind optimă reţeta nr. 2 care a atins următoarele limite de rezistenţă:

Scanned with OKEN Scanner

Nr. reţetei	Componenţii amestecului în greutate ciment: nisip: var: FF	Rezistenţă la întindere kgf/cm²		Rezistenţă la întindere din încovoiere kgf/cm²	
		28 zile	56 zile	28 zile	56 zile
2	1:3:0,175:1,0	18	20	40	51

Epruvetele confecţionate cu compuşi fenol-formaldehidici rezistă la circa 60 cicluri (a 4 ore) de îngheţ-dezgheţ repetat.

Aderenţa acestor materiale (măsurată prin rezistenţa opusă la deplasare) pe azbociment a materialului a fost de 25—29 kgf/cm²; iar pe metal de 20—21 kgf/cm²; pe beton aderenţa este mai mare decît pe azbociment, datorită aderenţei mai bune la suprafaţa rugoasă a betonului.

Tehnologia de lucru adoptată a fost următoarea: amestecul materialelor componente şi compactarea lor s-a efectuat manual. În vasul de lucru s-a omogenizat cimentul, nisipul şi varul uscat, după care s-a adăugat compusul fenol-formaldehidic şi s-au amestecat materialele pînă la omogenizare perfectă, apoi amestecul proaspăt s-a turnat în tipare.

Epruvetele s-au păstrat după decofrare fie în aer la temperatura de lucru, fie o zi în aer şi apoi 30 de zile în apă, constatîndu-se că la data încercării, epruvetele păstrate în apă aveau o rezistenţă mai redusă cu circa 8—10% decît epruvetele de aceeaşi vîrstă, păstrate în aer.

Timpul de priză al materialului poate fi dirijat după voie în funcţie de cantitatea de var (întăritor) adăugată în amestec şi de conţinutul acestuia în CaO (partea activă).

În ce priveşte fenomenele ce se produc în amestecul proaspăt de material, se fac următoarele consideraţii:

— la amestecul componentelor minerale (ciment, nisip, var) cu compusul fenol-formaldehidic aflat în soluţia apoasă, cimentul reacţionează cu apa conţinută în soluţie şi formează prin întărire un schelet cristalin care leagă particulele agregatului mineral;

— compusul fenol-formaldehidic umple porii betonului şi sub acţiunea întăritorului se solidifică;

— compusul fenol-formaldehidic prin capacitatea sa de aderenţă, leagă suplimentar structura de ciment formată şi

Scanned with OKEN Scanner

agregatul mineral, îndeplinind rolul de liant suplimentar [18].

Pe baza experimentărilor efectuate, se consideră că materialul va putea fi folosit la etanşarea îmbinărilor conductelor de beton, azbociment şi fontă, la impermeabilizarea îmbinărilor tuburilor de beton şi fontă, la impermeabilizarea tuburilor de beton şi tencuieli impermeabile.

7. MATERIALE CU ADAOS DE COMPUŞI SILICO-ORGANICI

În U.R.S.S., R.S. Cehoslovacă şi alte state, în ultimii 10 ani s-au efectuat studii şi cercetări asupra folosirii compuşilor silico-organici în scopul îmbunătăţirii proprietăţilor betoanelor prin mărirea durabilităţii acestora în condiţii grele sau foarte grele de exploatare a lucrărilor executate cu aceste materiale.

În cele ce urmează se va prezenta succint rezultatele şi concluziile cercetărilor şi experimentărilor efectuate în această direcţie în U.R.S.S. pe baza lucrărilor publicate mai recent [15, 16, 19, 20 şi 21].

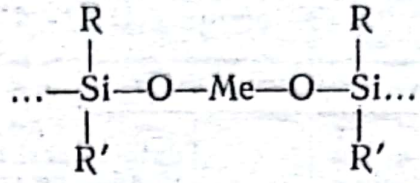
Lucrările efectuate la Institutul NIITEMENT pînă în anul 1958 au arătat că la introducerea în beton, o dată cu apa de amestecare, a unor adaosuri de compuşi silico-organici, optim dozate, se obţine o creştere importantă a rezistenţei betonului la acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ repetat.

Lucrările ample efectuate sub conducerea lui V. M. Moskvin şi în diverse institute de cercetare indică în principal următoarele:

Compuşii silico-organici în anumite condiţii pot intra în combinaţii chimice cu compuşii anorganici. Pornind de la această premisă se presupune că în beton trebuie să aibă loc interacţiunea chimică între compuşii silico-organici şi hidroxidul de calciu, (pus în libertate în procesele de hidratare şi hidroliză a cimentului), datorită prezenţei grupei OH^- în acesta din urmă. În cursul acestui proces se formează compuşi noi — metalo-siloxani organici cu lanţurile prelungite

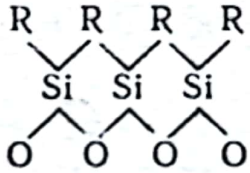
Scanned with OKEN Scanner

siliciu-oxigen-metal-oxigen-siliciu cu următoarea structură [21]:



unde Me = Ca; Mg; Al etc; R și R′ = grupa CH_3; C_2H_5; H; OH etc.

Aceste formații noi, insolubile în apă și în diverse soluții de substanțe organice se depun în porii capilari ai betonului și probabil îngreunează pătrunderea lichidelor agresive. În același timp compușii metalo-siloxan-organici care se formează, hidrofobizează pereții porilor și porilor capilari din beton, datorită formării unei pelicule hidrofobe cu structură mozaicată, îndreptată cu lanțul radicalilor organici spre lichid [16, 21].



Degajarea posibilă a hidrogenului în urma reacției cu hidroxidul de calciu și antrenarea de aer în beton favorizează, de asemenea, creșterea rezistenței betonului la îngheț [21].

Cele menționate anterior sînt confirmate și de experiențele efectuate de E.V. Lavrinovici [16] cu betoane cu raport *a/c* = 0,3 — constant și adaos de 0,2% compus silico-organic GKJ-94. Variind dozajul de ciment, s-a studiat caracteristicile de structură ale betoanelor cu acest compus, obținînd rezultatele redate în tabela II.16 și fig. II.13. Datele din tabela II.16 arată că prin introducerea adaosului de compus silico-organic, porozitatea betonului crește, predominînd porii cu diametrul de circa 2 μ, absorbția de apă fiind mai mică decît la betoanele fără adaos, independent de cantitatea de apă folosită pentru prepararea unui metru cub de beton.

În fig. II.13 s-a reprezentat grafic distribuția porilor în masa epruvetelor de beton cu adaos de 0,2% GKJ-94 înainte și după ce epruvetele au fost supuse la 50 cicluri de îngheț-dezgheț (distribuția porilor s-a determinat prin încercări de

Tabela II.16

Principalele caracteristici de structură ale betoanelor cu adaos de 0,2 % compus GKJ-94

Indicativul epruvetei	Beton		Porozitatea %		Absorbţia de apă %	Diametrul porilor, μ		Pori cu diametrul de 2 μ
	cantitatea de apă la metru cub, l	adaos de GKJ-94 %	totală	datorată adaosului GKJ-94		Maxim	predominant	
180	180	0,0	5,7	—	3,1	17	1,5	17
GKJ-180	180	0,2	7,7	2	2,6	8	1,5	56
140	140	0,0	5,5	—	3,3	11	0,7	56
GKJ-140	140	0,2	7,9	2,4	2,5	14	1,5	62
120	120	0,0	6,9	—	2,6	20	1,5	72
GKJ-120	120	0,2	9,8	2,9	2,2	8	0,7	82

impermeabilitate la aer), care arată că în timpul efectuării încercărilor are loc un proces de închidere treptată a porilor.

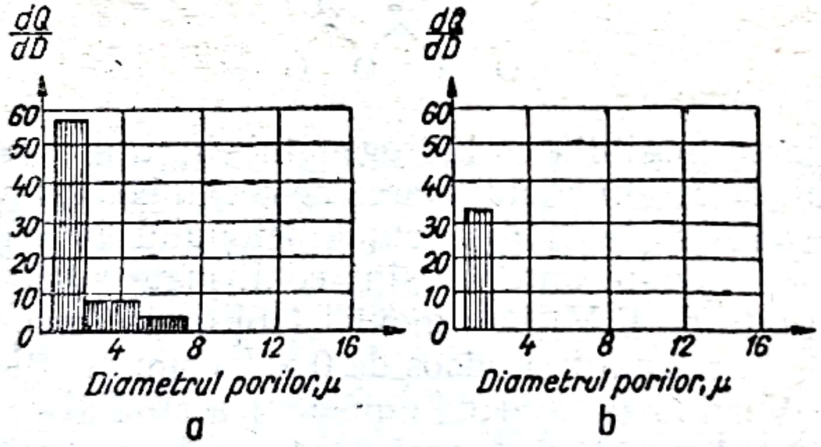


Fig. II.13. Distribuţia porilor în epruvete de beton (1 : 1 ,08 : 1,63 a/c = 0,3; apă = 180 l/m³) cu adaos de GKJ-94 (0,2%):

a — înainte de încercare; *b* — după 50 cicluri de îngheţ-dezgheţ.

În cercetările efectuate în U.R.S.S. s-au folosit compuşi silico-organici de două tipuri — polihidrosiloxani şi siliconaţi de sodiu. Rezultatele cele mai bune s-au obţinut folosindu-se compusul silico-organic de polihidrosiloxan — GKJ-94, rezultat din hidroliza etil-diclor-silanului şi a

compusului GKJ-10 care reprezintă o soluţie de etil-siliconat de sodiu în alcool şi apă.

Compusul lichid GKJ-94 nu se amestecă cu apa, însă formează emulsii şi poate fi adăugat în beton sau mortar ca emulsie apoasă 50% la prepararea căreia s-a folosit ca emulgator gelatina tehnică.

Prepararea emulsiilor de GKJ-94 s-a efectuat în malaxoare speciale cu productivitate ridicată, iar pentru prelungirea termenului de stabilitate a emulsiei s-a propus [21], congelarea acesteia sub formă de brichete, întrucît cercetările efectuate au arătat că prin congelare emulsia îşi păstrează neschimbate proprietăţile şi poate fi folosită cu bune rezultate. Acest procedeu oferă siguranţa folosirii unui produs cu proprietăţi constante pe diversele şantiere.

Produsul GKJ-10 se amestecă cu apa în orice proporţie, formînd o soluţie uşor tulbure, care are reacţie alcalină, iar la întrebuinţare nu degajă gaze sau vapori nocivi.

Cercetările s-au efectuat asupra betoanelor confecţionate cu diverse cimenturi turnate şi întărite în regim standard 28 zile ca şi asupra betoanelor întărite prin tratament termic. Pentru comparaţie cercetările pe betoane cu compuşi silico-organici s-au efectuat în paralel cu folosirea altor adaosuri care au întrebuinţare curentă în practică pentru îmbunătăţirea rezistenţei betonului la îngheţ-dezgheţ (leşie bisulfitică, SSB; antrenori de aer SNV etc.) efectuîndu-se în aproape toate cazurile încercări pe epruvete saturate cu apă potabilă şi epruvete saturate cu apă de mare cu un conţinut de săruri de 34 g/l. Ciclul de îngheţ-dezgheţ a fost de 16 ore la —20°C ± 2°C, îngheţul epruvetelor saturate anterior şi dezgheţul 8 ore în apă cu temperatura de 25—30°C. Drept criteriu de rezistenţă pentru epruvetele de beton s-a luat numărul de cicluri de îngheţ-dezgheţ care a dus la micşorarea modulului de elasticitate dinamic cu 25% faţă de cel iniţial şi a greutăţii epruvetelor cu 5% din cea avută la începerea încercărilor. În tabela II.17 sînt redate unele rezultate ale cercetărilor efectuate sub conducerea profesorului V.M. Moskvin [19, 20] pe epruvete prismatice (7 × 7 × 22 cm) din beton vîrtos, confecţionate cu agregat de rîu 0—20 mm, dozajele ciment circa 300 kg/m³, raport *a/c* — 0,6, tasarea conului 3—4 cm, compactate prin vibrare 30 s în laborator.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela II.17

Numărul ciclurilor de îngheţ-dezgheţ care au provocat reducerea modulului dinamic de elasticitate al eprvetelor cu 25% şi a greutăţii iniţiale cu 5%

Tipul cimentului folosit	Adaosul folosit (concentraţie 100%)	Mediu de saturare a epruvetelor			
		Apă de mare cu 34 g săruri la litru		Apă potabilă	
		Modulul	Greutatea	Modulul	Greutatea
Portland M 400	fără adaos	16	11	42	62
	SSB 0,2%	220	160	350	350
	GKJ-94 0,1%	320	230	350	350
Portland M 400 cu adaos de pozzolane	fără adaos	7	7	46	55
	SSB 0,20%	25	20	140	90
	GKJ-94 40,1%	93	39	360	156

În fig. II.14 şi II.15 sînt reprezentate grafic rezultatele unor cercetări mai recente [21] asupra rezistenţei betoanelor la îngheţ-dezgheţ repetat cu diverse adaosuri.

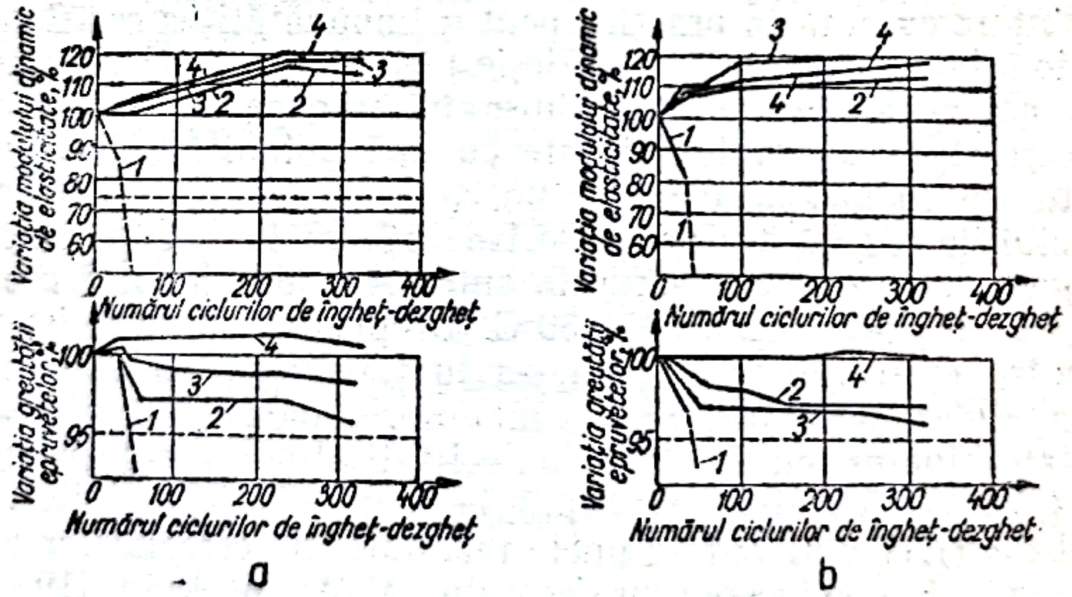


Fig. II.14. Rezistenţa la îngheţ-dezgheţ repetat a betoanelor turnate şi întărite în regim standard.

a — imersate în apă potabilă; *b* — imersate în apă de mare cu un conţinut de săruri de 34 g/l; *1* — betoane fără adaos; *2* — beton cu adaos de SNV (0,02%); *3* — beton cu adaos de GKJ-10 (0,1%); *4* — beton cu adaos dee GKJ-94 (0,1%).

Pentru alegerea compoziţiei betoanelor necesare la construcţia centralei electrice Krasnoiarsc [15] s-au făcut încercări comparative pe betoane confecţionate cu agregatul ce

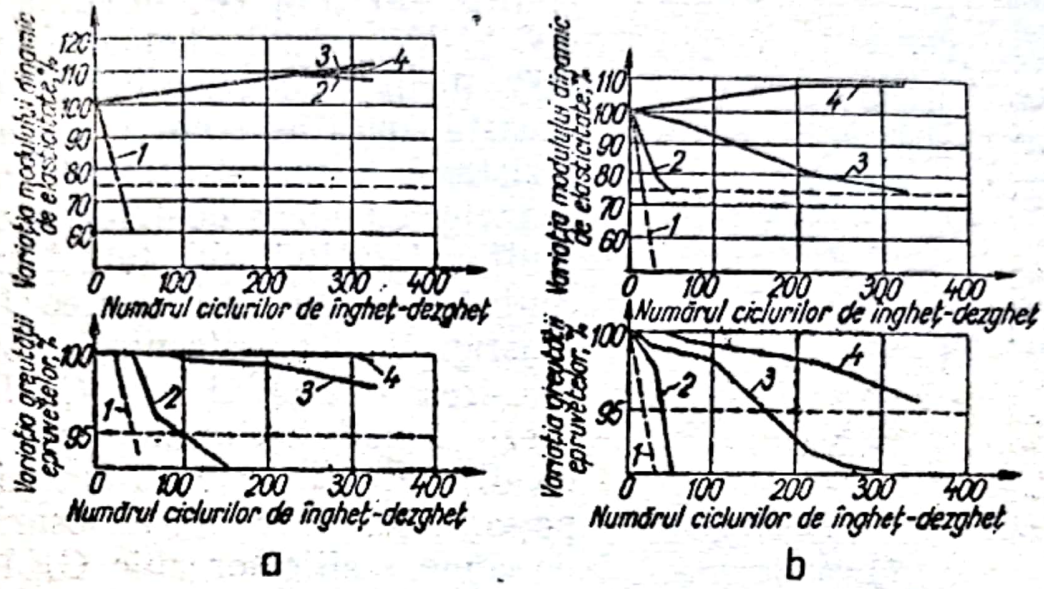


Fig. II.15. Rezistenţa la îngheţ-dezgheţ repetat a betoanelor tratate termic:

a — imersate în apă potabilă; *b* — imersate în apă de mare cu un conţinut de săruri de 34 g/l; *1* — beton fără adaosuri; *2* — beton cu adaos SNV (0,02%); *3* — beton cu adaos de GKJ-10 (0,1%); *4* — beton cu adaus de GKJ-94 (0,1%).

urma a fi folosit la execuţia lucrărilor şi ciment portland marca 400, la raport $a/c = 0{,}5$; 0,6 şi 0,7, variindu-se şi procentul de nisip din agregat 0,33; 0,40 şi 0,50. Ca adaosuri la aceste betoane s-a folosit GKJ-94 în procent de 0,1% şi antrenorul de aer SNV 0,03%, iar rezultatele încercărilor efectuate conform GOST 4800-959 sînt reprezentate grafic în fig. II.16, din care rezultă următoarele:

— betoanele cu adaos de GKJ-94 în aproape toate cazurile aveau, după efectuarea a 615 cicluri îngheţ-dezgheţ, rezistenţă la compresiune mult mai mare decît cele cu adaos de SNV confecţionate şi încercate în condiţii identice;

— variaţiile de rezistenţă obţinute după efectuarea ciclurilor de îngheţ-dezgheţ pentru betoanele cu GKJ-94 au fost de circa 20%, iar pentru cele cu SNV de la 60 la 160%, de unde rezultă că betoanele cu adaos de GKJ au indicii de rezistenţă la gelivitate mai stabili;

— betoanele cu adaos de GKJ-94 corespund condiţiei impuse iniţial, ca rezistenţa la compresiune după efectuarea ciclurilor de îngheţ-dezgheţ să fie mai mare decît 0,75 din rezistenţa medie a probelor de control, în timp ce din betoanele cu SNV numai betoanele cu 50% nisip în amestec îndeplinesc această condiţie, ceea ce arată că rezistenţa la îngheţ-dezgheţ a betoanelor cu adaos de GKJ-94 este mult mai puţin influenţată de procentul de nisip din amestec şi de plasticitatea amestecului. Astfel folosirea adaosului de GKJ-94 prezintă mai multă siguranţă în condiţiile de execuţie a lucrărilor pe şantiere. Influenţa adaosurilor de compus silico-organic GKJ-94 asupra creşterii rezistenţei la compresiune în timp la betoanele cu dozaj de 300 kg ciment la metru cub, raport $a/c = 0{,}6$ şi agregat de rîu 0—20 mm este pusă în evidenţă prin rezultatele încercărilor redate în tabela II.18, din care rezultă [19, 20] că adaosurile au ca efect o creştere mai înceată a rezistenţei betonului în prima perioadă de întărire, însă la 28 şi 90 zile rezistenţele betonului fără adaos sînt atinse şi chiar depăşite. Aceeaşi observaţie este valabilă şi pentru mortarele de ciment cu astfel de adaosuri [21].

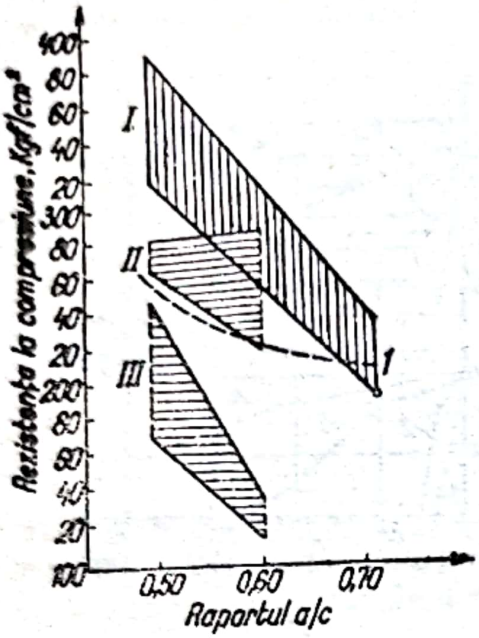


Fig. II.16. Rezistenţa la compresiune a betoanelor încercate după 615 cicluri de îngheţ-dezgheţ în funcţie de raportul *a/c*.
I — epruvete cu adaos de GKJ-94 (0,1%) la procent de 0,33—0,50% nisip în agregate; *II* — epruvete cu adaos de SNV (0,03%) cu 50% nisip în agregate; *III* — idem cu 33% nisip în agregate; *1* — curba valorilor RK (RK = 0,75 din rezistenţa medie a epruvetelor de control încercate la vîrsta de 180 zile).

Creşterea procentului de compuşi silico-organici peste procentul optim, încetineşte procesul de întărire a betonului proporţional cu sporirea procentului de adaos, chiar la vîrsta de 28 zile.

Folosirea adaosurilor de compuşi silico-organici în procent optim nu influenţează negativ rezistenţa la întindere şi încovoiere şi aderenţa betonului la armătură.

În fig. II.17 sînt reprezentate grafic rezultatele determinării deformaţiilor epruvetelor prismatice din beton cu

Tabela II.18

Influenţa adaosurilor de GKJ-94 asupra creşterii rezistenţei la compresiune a betonului

Tipul adaosului	Ciment							
	Portland 400 cu puzzolane				Portland 400			
	Rezistenţa la compresiune, kgf/cm² la vîrsta de... zile							
	3	7	28	90	3	7	29	90
GKJ-94 0,1%	15	86	148	194	72	165	252	289
SSB 0,2%	16	53	131	184	96	178	257	291
Fără adaosuri (etalonul)	31	69	154	183	153	200	241	258

diferite adaosuri, saturate în prealabil cu apă şi supuse la acţiunea temperaturilor variabile în intervalul +20°C, —60°C, din care rezultă că betoanele cu adaos de compuşi silicoorganici GKJ-94 înregistrează deformaţii relative de 1,70—1,90 ori mai mici decît betoanele fără adaos, sau cu adaos de GKJ-10 şi SNV.

Deformaţiile relative foarte reduse ale betoanelor cu adaos de GKJ-94 la acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ se explică prin formarea unei structuri a pietrei de ciment cu pori foarte fini şi prin hidrofobizarea parţială a porilor şi porilor capilari din beton [21].

În fig. II.18 este arătată influenţa procentului de adaos de compuşi GKJ-94 asupra rezistenţei la îngheţ-dezgheţ a betonului, din care rezultă că procentul optim de adaos se situează între 0,05 şi 0,2%. La lucrările importante este indicat ca procentul optim de

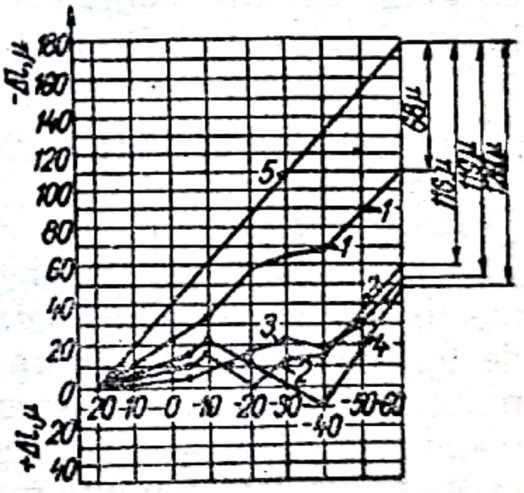


Fig. II.17. Deformaţiile betoanelor confecţionate cu diferite adaosuri organice la îngheţarea epruvetelor prismatice după saturarea în prealabil cu apă:

1 — beton cu adaos de GKJ-94 (0,1%); *2* — beton cu adaos de GKJ-10 (0,1%); *3* — beton cu adaos de vinsol (0,02%); *4* — beton fără adaos; *5* — deformaţia stativului de oţel.

adaos să fie stabilit pe bază de încercări de laborator, folosindu-se agregatele, tipul şi dozajul de liant ce vor fi folosite la execuţie. Se menţionează că depăşirea procentului optim de adaos poate influenţa negativ proprietăţile betonului, datorită faptului că s-ar trece de la o structură cu porii fini închişi la o structură cu pori mari comunicanţi [21].

Betoanele cu compuşi silico-organici au rezistenţa mărită la acţiunea sulfaţilor atît în condiţii de uscare-umezire a betonului, cît şi în condiţiile păstrării de lungă durată în soluţie de sulfat de sodiu 5% fiind mai eficient adaosul de compus GKJ-94, decît adaosul GKJ-10.

Încercările în natură asupra durabilităţii betoanelor cu adaosuri efectuate timp de 26 luni la standul de încercare din golful Kolski arată că betoanele cu adaos de compus GKJ-94 au caracteristici mult superioare betoanelor fără adaos sau cu adaosuri de tip SNV şi GKJ-10 (fig. II.19).

Adaosul de GKJ-94 a fost folosit în condiţii industriale în anul 1960 la execuţia de elemente de beton armat, în zona fluxului din Marea Barenţ. Observaţiile efectuate circa 3 ani nu au semnalat vreo deteriorare a lucrărilor executate.

Compuşii silico-organici nu se produc în prezent pe scară industrială la noi în ţară.

8. ELEMENTE DE TEHNOLOGIE ŞI CONSIDERAŢII TEHNICO-ECONOMICE

La mortarele şi betoanele cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari, tehnologia de preparare nu diferă esenţial de tehnologia de preparare a mortarelor şi betoanelor obişnuite. Mortarele şi betoanele de acest tip pot fi preparate manual sau mecanic, avîndu-se în vedere întotdeauna că este necesară realizarea unui amestec deosebit de eficient, întrucît adaosul de compus macromolecular intră în compoziţie în procent foarte redus.

Se recomandă omogenizarea componenţilor minerali din amestec în stare uscată (agregate + liantul mineral), iar compusul macromolecular să se dilueze cu apa de amestecare (stabilită printr-un amestec de probă) şi să se efectueze amestecul umed, pînă la o omogenizare perfectă. Este necesar ca pentru amestec să fie folosite utilajele cu amestec for-

Scanned with OKEN Scanner

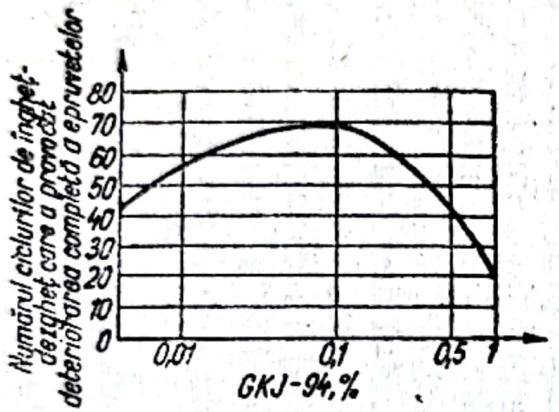
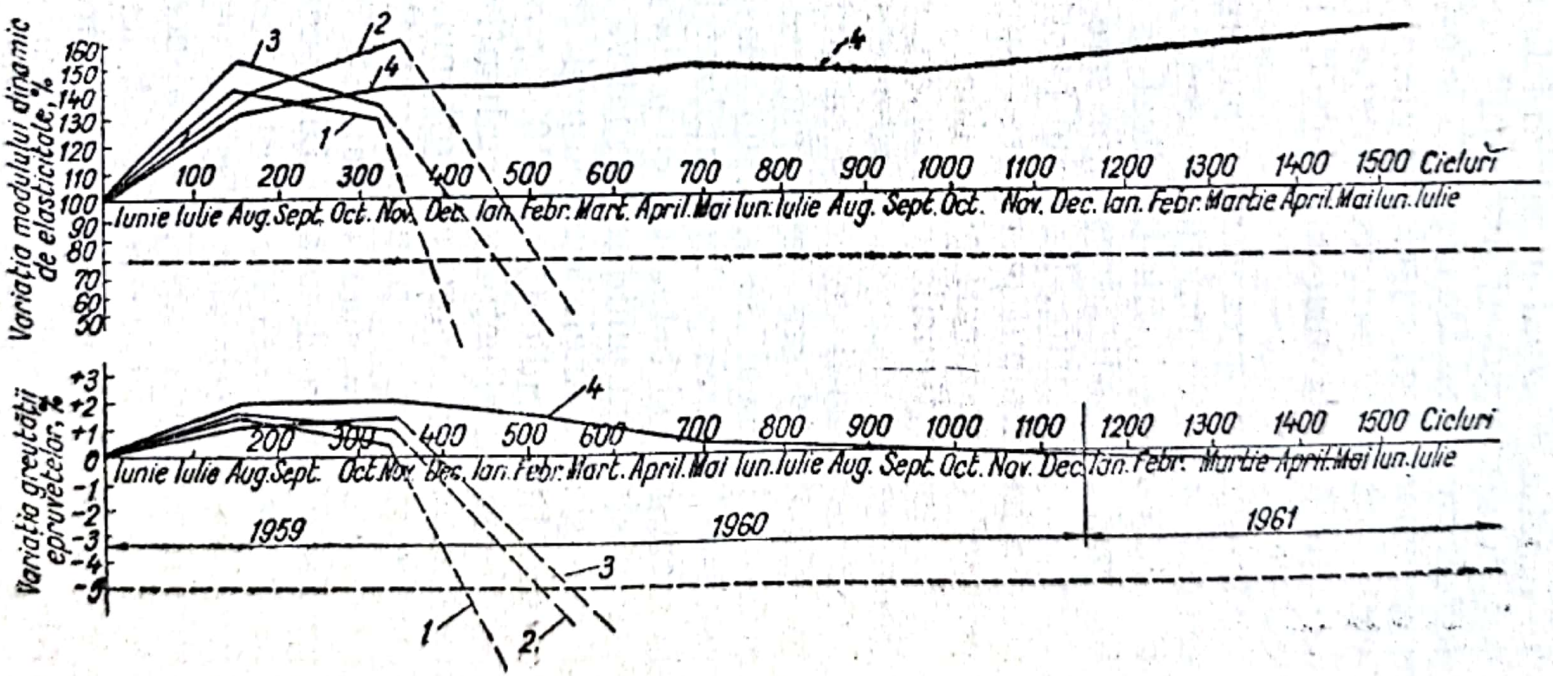


Fig. II.18. Variația rezistenței la îngheț-dezgheț a betonului în funcție de procentul de adaos de GKJ-94.

Fig. II.19. Durabilitatea betoanelor cu ciment portland cu puzzolane și raport $a/c = 0{,}5$ încercate în natură în condițiile din golful Kolski):

1 — betoane fără adaos; *2* — idem cu adaos de SNV; *3* — idem cu adaos de GKJ-10; *4* — idem cu adaos de GKJ-94.



ţat, iar timpul de amestecare să fie stabilit experimental, în funcţie de tipul utilajelor folosite, dozajul mortarului sau betonului, tipul şi procentul de compus macromolecular folosit ca adaos. De obicei la folosirea adaosurilor de compuşi macromoleculari cu efect puternic de adezivi (poliacetat de vinil, latex de cauciuc sintetic etc.) timpul de amestecare în utilaje este mai mare decît la mortarele şi betoanele obişnuite de 1,5—3 ori.

Intervalul preparare — punere în operă se stabileşte experimental în funcţie de compoziţia mortarului sau betonului de ciment, fiind indicat să nu depăşească 40—60 min în cazul folosirii adaosurilor care nu au efect de accelerator de priză şi întărire. În cazul folosirii acceleratorilor de priză şi întărire, timpul preparare — punere în operă se stabileşte pe bază de încercări preliminare.

La toate tipurile de mortare şi betoane tratate în acest capitol este indicat să se asigure menţinerea lor în atmosferă ferită de curenţi de aer şi cu umiditate relativă 90—100%, în primele 24 ore de la punerea în operă. După trecerea acestui interval se vor lua măsurile menţionate anterior pentru obţinerea performanţelor tehnice maxime. De exemplu la mortarele şi betoanele cu poliacetat de vinil se va asigura o atmosferă cu umiditate relativă redusă pînă la 50%; mortarele şi betoanele cu compuşi silico-organici în atmosferă cu umiditate ridicată 85—100%, cel puţin primele 7 zile etc.

Mortarele şi betoanele cu lianţi minerali şi compuşi macromoleculari au preţ de cost mai ridicat decît materialele clasice şi anume preţul de cost al acestora creşte în funcţie de procentul de adaos din amestec şi preţul de livrare al compuşilor macromoleculari. Din această cauză este indicat ca noile materiale să fie folosite în special în cazurile în care folosirea materialelor clasice conduce fie la adoptarea de soluţii de compromis, fie la obţinerea de soluţii necorespunzătoare din punct de vedere tehnic.

Recomandările privind utilizarea noilor materiale în diferite domenii făcute la fiecare paragraf în parte au în vedere acele utilizări la care folosirea noilor materiale poate fi făcută în condiţii tehnico-economice avantajoase, conducînd la obţinerea unor soluţii tehnice superioare, la un cost acceptabil în comparaţie cu procedeele folosite pînă în prezent.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. Avram, N. C. *Curs de beton armat.* Partea I, Timişoara, 1957.
2. Andriş S. în: Rev. Construcţiilor şi a Materialelor de Construcţii, nr. 7, 1964, 380.
3. Brocard, J. În: Annales de l'Institut Tehnique du Bâtiment des Travaux Publics, nr. 156, 1960, p. 1357.
4. Carvajal, C. C. În: Cemento Hormigon, nr. 319, 1960, p. 251
5. Cerkinski, Ju. S. *Betonul de ciment cu polimeri*, Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
6. Cerkinski, Ju. S. În: Beton i jelezobeton, nr. 12, 1964 p. 546
7. Drăgoi, I. *Tehnologia lianţilor şi a betoanelor*, Bucureşti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1963.
8. Griffiths, L. H. *Adh sion and adhesives*, London-New-York, 1954.
9. Ionescu, I. *Studii de Geotehnică, Fundaţii şi Construcţii hidrotehnice*, V. Bucureşti I.S.C.H. 1963, p. 31.
10. Ionescu, I. În: Hidrotehnica, nr. 5, 1963, p. 183.
11. Ionescu, I. În: Materiale Plastice, nr. 1, 1964, p. 45.
12. Ionescu I. şi Goldstein, M. *Studii de Geotehnică, Fundaţii şi Construcţii Hidrotehnice*, VI, 1963, p. 103.
13. Ionescu, I. şi Enculescu, M. *Întrebuinţarea maselor plastice pentru impermeabilizarea şi protecţia anticorosivă a construcţiilor hidrotehnice*, Bucureşti I.S.C.H., 1964, p. 50.
14. Kranz, S. în: Strassen und Tiefbau, nr. 12, 1962, p. 1197.
15. Kuntevici, O. V. şi Alexandrov P. E. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1964, p. 70.
16. Lavrinovici, E. V. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1964 p. 69.
17. Leirich, V. E. şi alţii. În: Plasticeskie Massî, nr. 10, 1960, p. 38.
18. Loghinov, V. S. şi alţii. În: Stroitelnîe Materialî, nr. 3, 1963, p. 33.
19. Moskvin, V. M. şi alţii. În: Beton i jelezobeton, nr. 9, 1960 p. 389.
20. Moskvin, V. M. şi alţii În: Trudî N. I..J.J.B., nr. 12, 1959,
21. Moskvin, V. M. şi Batrakov, V. G. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1964, p. 51.
22. Negoiţă, Al. şi Negoiţă, S. *Materiale moderne în construcţii*, ed. a II-a Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
23. Nicolau, V. şi alţii. *Introducere în teoria betonului*, I. Bucureşti E.S.A.C., 1954.
24. Nicolau, V. *Betonul armat*, Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
25. Niculoiu, I. În: Materiale Plastice, nr. 4, 1964, p. 196.
26. Pilny, F. În: Der Bahningenieur, nr. 8, 1962, p. 314
27. Prişcenko, I. I. Buletin Tehniceskoi Informaţii, nr. 1, 1959, p. 15.
28. Solomatov, I. V. În Ghidrotehniceskoe Stroitelstvo, nr. 9, 1960, p. 16.

Scanned with OKEN Scanner

29. Solomatov, I. V. În: Beton i jelezobeton, nr. 9, 1964, p. 417
30. Solacolu, S. *Chimia fizică a Silicaţilor*, Bucureşti, Editura tehnică, 1957.
31. Steopoe, A. *Materiale de construcţii*, Bucureşti, Editura tehnică, 1964.
32. Savina, Iu. A., Leirich V. E. In: Platiceskie Massî, nr. 2, 1963, p. 42.
33. Tepetov, G. A. şi alţii. În: Informaţionnîe zoobşcenia, nr. 9, 1961, p. 99.
34. Wren, W. G. Transaction of the Institution of the Ruber Industry, 13, 1937, p. 189.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL III

MORTARE ȘI BETOANE CU COMPUȘI MACROMOLECULARI FĂRĂ LIANȚI MINERALI

1. GENERALITĂȚI. CLASIFICARE

Mortarele și betoanele cu compuși macromoleculari fără lianți minerali reprezintă materiale de construcții noi, deosebite de materialele tradiționale cunoscute în literatura tehnică sub denumirea de mortare și betoane, în principal prin următoarele:

— apa de amestecare, liantul mineral și diverse adaosuri folosite la prepararea materialelor clasice sînt înlocuite cu un liant organic, de obicei un compus macromolecular termoreactiv;

— majoritatea compușilor macromoleculari care se folosesc ca lianți organici la prepararea mortarelor și betoanelor de acest tip se întăresc la temperatură ridicată, sau la temperatură normală sub acțiunea unui agent chimic denumit întăritor în lipsa totală a apei de amestecare;

— în cazul mortarelor și betoanelor cu compuși macromoleculari, adaosul de apă influențează în general negativ proprietățile materialului proaspăt, cît și proprietățile materialului întărit, deoarece conduc la întărirea defectuoasă a amestecului și la obținerea de rezultate slabe;

— compușii macromoleculari care sînt folosiți în prezent ca lianți organici, au caracteristici fizice, mecanice și rezistență superioare cimenturilor obișnuite de tipul portland și diverselor cimenturi speciale, la acțiunea diferiților agenți chimici agresivi;

— majoritatea compușilor macromoleculari folosiți ca lianți organici au aderență foarte bună la agregatul mineral,

Scanned with OKEN Scanner

constatîndu-se experimental că aderența acestora la diverse tipuri de agregate este mai mare decît rezistența specifică a acestora. Astfel la încercarea epruvetelor la compresiune, întindere axială, întindere din încovoiere, sau întindere prin despicare după generatoare, în majoritatea cazurilor ruperea se produce prin granulele de agregat, indiferent de tipul agregatului folosit (de carieră sau de concasaj) și nu la contactul liant-granulă de agregat cum se întîmplă în cazul folosirii cimentului ca liant (fig. III.1).

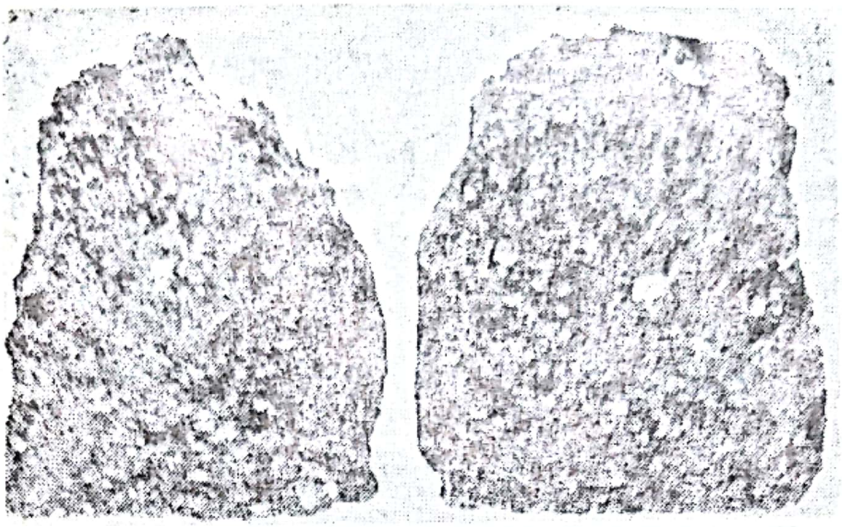
Cele de mai sus arată că proprietățile superioare de lianți ale compușilor macromoleculari vor fi folosite rațional și se vor obține rezultate finale corespunzătoare proprietăților lianților organici, numai în cazul folosirii unor agregate minerale de calitate foarte bună.

Agregatul mineral necesar la confecționarea mortarelor și betoanelor cu compuși macromoleculari, deși în unele cazuri poate să aibă aceeași natură și proveniență cu agregatele folosite la confecționarea mortarelor și betoanelor cu ciment (în anumite cazuri agregatul poate fi un material special), trebuie să satisfacă o serie de condiții suplimentare, impuse de tipul liantului organic întrebuințat și al întăritorului folosit pentru acesta.

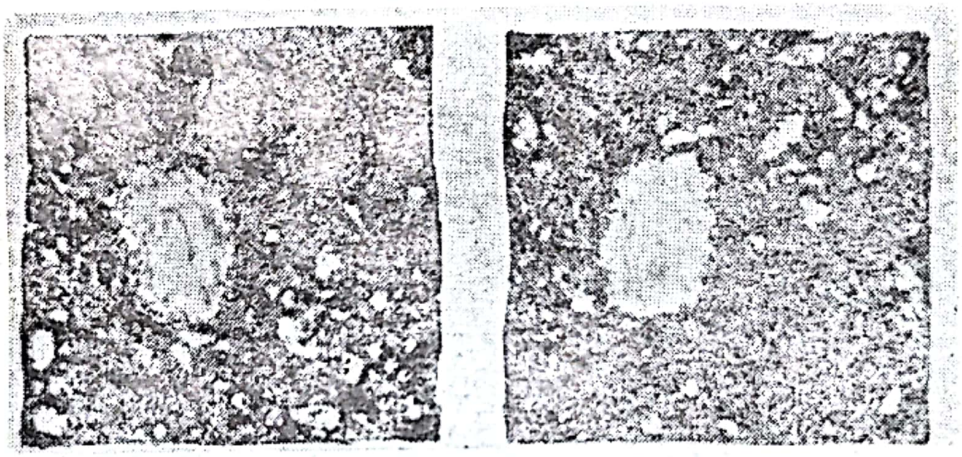
Proprietățile finale ale mortarelor și betoanelor cu compuși macromoleculari sînt influențate de natura și proprietățile liantului organic folosit, de tipul și de calitatea întăritorului (folosit în cazul lucrului la temperatura normală), de natura și proprietățile agregatului mineral, de raportul între componenții amestecului proaspăt, de respectarea unei tehnologii normale de lucru, precum și de condițiile mediului în care sînt păstrate epruvetele sau elementele confecționate din aceste materiale în intervalul de timp necesar pentru întărire etc.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească mortarele și betoanele cu compuși macromoleculari sînt în funcție de condițiile tehnice care se cer construcțiilor, instalațiilor tehnologice sau lucrărilor la care acestea sînt utilizate, de aceea în prezentul capitol se vor formula numai condițiile generale pe care trebuie să le îndeplinească noile materiale, astfel:

— să poată fi preparate ușor cu mijloace accesibile întreprinderilor de prefabricate și marilor șantiere și să nu necesite



a



b

c

Fig. III.1 Epruvete încercate la:
a — compresiune; *b* — încovoiere; *c* — încovoiere (cu agregat de concasaj). Punctele albe arată ruperea prin granulele de agregat.

Scanned with OKEN Scanner

pe cît posibil personal de execuţie şi supraveghere cu calificare deosebită;

— să aibă timpul de priză suficient de îndelungat pentru prelucrare şi punere în operă şi să comporte o prelucrare uşoară sau medie;

— după punerea în operă să se întărească şi să atingă performanţele tehnice prescrise în timp relativ scurt, pentru a permite manipularea uşoară şi darea în exploatare în timpul cel mai redus posibil;

— să nu necesite condiţii speciale de protecţie în perioada imediată punerii în operă;

— să aibă bună aderenţă la betonul vechi, metal şi alte materiale de construcţii folosite curent;

— să aibă contracţie mică pentru a permite aplicarea sau turnarea în straturi groase;

— după întărire să aibă rezistenţă bună la acţiunea agenţilor atmosferici şi a solicitărilor datorate variaţiilor de temperatură, fenomenului de îngheţ-dezgheţ repetat, la acţiunea razelor solare şi apei, deci să aibă bună rezistenţă la îmbătrînire;

— să aibă permeabilitate mică la apă (practic nulă), rezistenţă mare la abraziune, produsă prin uzură mecanică şi să nu fie casante;

— să aibă rezistenţă bună la diverşi agenţi chimici agresivi;

— să aibă rezistenţe mecanice superioare, în special rezistenţa la întindere, modul de elasticitate apropiat de cel al betonului de ciment (pentru a evita concentrări mari de eforturi în îmbinări sau la legătura a diverse strate), iar fluajul să nu fie de asemenea prea accentuat în comparaţie cu betonul obişnuit.

Clasificarea noilor materiale se poate face după diferite criterii. Criteriul principal de clasificare este acela în funcţie de tipul liantului organic folosit, avînd în vedere că liantul exercită un rol hotărîtor asupra proprietăţilor finale ale acestor materiale. Astfel se deosebesc:

— materiale pe bază de monomer furfurol-acetonă;
— materiale pe bază de compuşi poliesterici;
— materiale pe bază de compuşi epoxidici;
— materiale pe bază de compuşi fenol-formaldehidici şi combinaţii ale acestora.

Scanned with OKEN Scanner

2. MATERIALE PE BAZĂ DE MONOMER FURFUROL-ACETONĂ (FA)

a. *Componenţii mortarelor şi betoanelor şi influenţa acestora asupra proprietăţilor finale ale materialului*

Monomerul furfurol-acetonă FA, liantul organic, reprezintă componentul principal al amestecului proaspăt de mortar sau beton, întrucît prin natura proprietăţilor sale fizice, mecanice şi chimice influenţează sensibil asupra proprietăţilor materialului întărit.

Întăritorul monomerului FA este de obicei un acid puternic, acidul benzen-sulfonic, acidul sulfuric, acidul toluen-sulfonic etc., care se introduce în amestecul proaspăt în cantitatea strict necesară în funcţie de condiţiile concrete de lucru. Cele mai bune rezultate s-au obţinut pînă în prezent prin folosirea acidului benzen-sulfonic.

Pentru dizolvarea întăritorului (în cazul folosirii acidului benzen-sulfonic — ca întăritor) se folosesc acetona în procent de 8—15% din cantitatea de întăritor, sau furfurolul, în raport de 1/6—1/8 din cantitatea de liant organic FA din amestec. Cele mai bune rezultate s-au obţinut pînă în prezent prin folosirea în acest scop a furfurolului [8, 12, 13, 14, 25, 34]. Cu privire la rolul furfurolului (F) în amestec se fac următoarele consideraţii [9]:

— unii cercetători arată că aceasta s-ar limita la absorbţia de apă din agregat, îmbunătăţirea umectării agregatului cu monomerul FA, contribuind prin aceasta la obţinerea unei aderenţe superioare în sistemul liant organic — agregat mineral:

— alţi autori arată că plecînd de la posibilitatea furfurolului de a polimeriza sub influenţa acizilor cu degajare de apă prin reacţie de condensare şi avînd în vedere că produsele acestor reacţii conţin grupe libere de aldehide şi oxizi, după interacţiunea cu α-hidrogen din compuşii de tip FA se formează copolimeri care influenţează favorabil proprietăţile mortarului sau betonului cu monomer FA.

Agregatul mineral şi materialul fin de umplutură care se introduce în amestec trebuie să satisfacă următoarele condiţii:

— să provină din roci de bază cu rezistenţe mecanice proprii ridicate;

— să aibă granulație continuă și volum redus de goluri;
— să nu intre în reacție cu monomerul FA și întăritorul acestuia;
— să aibă un grad înalt de puritate și să fie bine uscat etc.;
— materialul de umplutură trebuie să aibă un conținut în SiO_2 mai mare decît 97% și reziduul pe sita de 0,15 mm mai mic decît 20—25%.

Condițiile severe pentru agregatul mineral și materialul de umplutură folosite la acest tip de mortare și betoane sînt impuse atît din considerentul de a folosi rațional proprietățile superioare de rezistență ale monomerului FA, cît și din următoarele considerente:

— umiditatea agregatelor (peste 1—1,5%) conduce la o întărire defectuoasă a materialului și la obținerea de rezultate slabe;

— granulația discontinuă și un volum mare de goluri conduc la obținerea unui material poros, sau pentru obținerea unui material compact; este necesar un consum ridicat de liant organic, ceea ce este nerațional și dezavantajos din punct de vedere economic;

— impuritățile din agregat influențează negativ proprietățile finale ale materialului (exemplu argila influențează negativ aderența liantului organic la granulele de agregat, iar unii componenți ai argilei intră în reacție cu întăritorul acid etc.);

— ca agregate minerale nu pot fi folosite decît rocile sau materialele rezistente la acțiunea acizilor, fiind excluse materialele ce conțin carbonați sau cele provenite din roci bazice, deoarece acestea reacționează cu acidul folosit ca întăritor și conduc la obținerea de rezultate slabe;

— adaosul de material fin de umplutură în procent de 15—30% din volumul agregatului (care are în mortarele și betoanele cu monomer FA un rol analog adaosului de filer în mixturile asfaltice) se urmărește ca liantul organic să învelească granulele de agregat într-o peliculă subțire, iar golurile dintre granule să fie pe cît posibil ocupate de materialul fin de umplutură (mai accesibil ca preț de cost și posibilități de procurare) și nu de liantul organic care are un preț de cost ridicat și se obține mai greu. În afară de aceasta, materialul de umplutură în cazul lianților organici cu visco-

Scanned with OKEN Scanner

zitate mică este necesar și pentru a împiedica segregarea componentelor amestecului proaspăt în timpul compactării și eventual al transportului materialului proaspăt, fapt ce ar duce de asemenea la obținerea de rezultate slabe (fig. III.2).

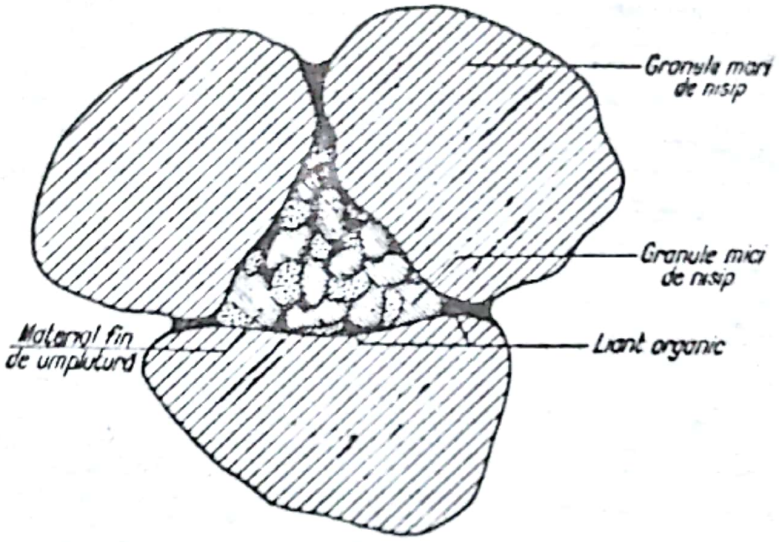


Fig. III.2. Schema amestecului nisip și material de umplutură cu liant organic (monomer FA).

Cercetările efectuate în țara noastră [8, 13, 14, 34] au arătat că rezultate bune se obțin folosindu-se ca agregat mineral pentru acest tip de mortare și betoane, nisipurile și pietrișul cuarțos din zăcămintele de la Brănești — Ruginoasa și Glatna Raion Lugoj, Reg. Banat, precum și cele din zăcămintele de la Făgetul Ierii Raion Turda. Ca materiale de umplutură pot fi folosite cu bune rezultate nisipurile cuarțoase menționate mai sus, măcinate la finețea corespunzătoare, precum și nisipul cuarțos fin, folosit în industria sticlei. Cu rezultate satisfăcătoare poate fi folosit ca agregat și nisipul cuarțos de rîu, cu condiția ca acesta să fie spălat și uscat în prealabil, iar fracțiunea sub 0,2 mm să fie eliminată prin cernere și înlocuită cu material de umplutură corespunzător.

Rezultatele cercetărilor efectuate în U.R.S.S. arată că în cazul în care este necesar să se obțină performanțe tehnice deosebite pentru mortarele și betoanele cu monomer FA trebuie să se folosească ca agregat andezitul măcinat, grafitul sau cocsul [7, 17, 25, 27].

Influenţa compoziţiei şi a tipului de agregat asupra rezistenţei la compresiune a mortarelor şi betoanelor cu monomer FA este reprezentată grafic în fig. III.3 pe baza rezultatelor publicate în diverse lucrări [8, 13, 25, 26].

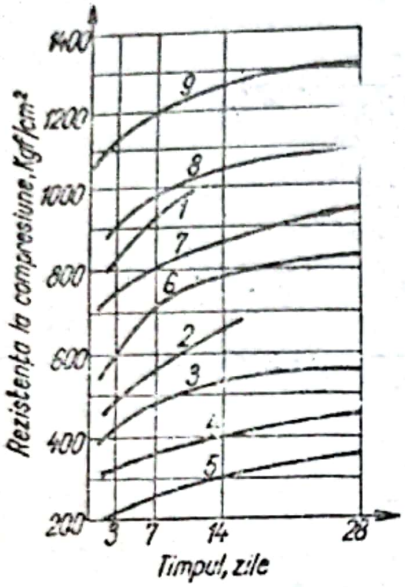


Fig. III.3. Variaţia rezistenţei la compresiune a betonului şi mortarului cu monomer FA în funcţie de compoziţia agregatului:

1 — epruvete confecţionate numai din monomer FA; *2* — idem beton cu agregat din piatră de granit; *3* — idem din mortar cu agregat cu compoziţie densă; *4* — idem din mortar cu nisip de compoziţie mai puţin densă; *5* — idem mortar de nisip cu compoziţie nedensă; *6* — idem cu agregat cuarţos (0—7 mm) şi material de umplutură cuarţos cu volum redus de goluri, încercată în ţara noastră; *7* — idem cu agregat 0—15 mm; *8* — idem din mortar cu andezit măcinat sau cu grafit; *9* — idem mortar cu cocs ca agregat.

b. *Proprietăţile materialului proaspăt şi întărit şi factorii care le influenţează*

Mortarele şi betoanele proaspete se prezintă sub formă de amestecuri de consistenţă plastică sau vîrtoasă, în funcţie de raportul furfurol : furfurol-acetonă : agregat. Amestecul proaspăt are culoare maron-neagră.

Timpul de priză şi creşterea rezistenţei în timp (în special în prima perioadă a întăririi) sînt influenţate sensibil de procentul de întăritor din amestec şi temperatura de lucru şi păstrare a epruvetelor în intervalul confecţionare-încercare [8, 13, 14, 25, 34]. În tabela III.1 şi fig. III.4 sînt redate rezultatele cercetărilor efectuate sub conducerea prof. Moşcianski [25].

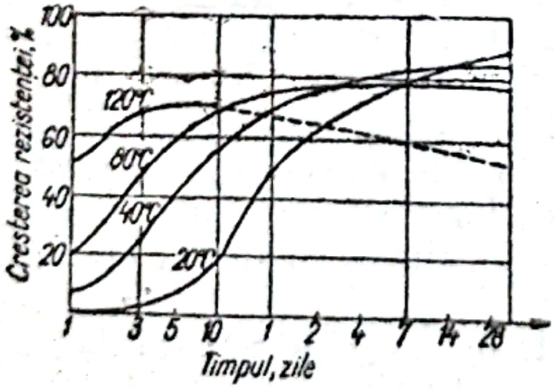


Fig. III.4. Creşterea rezistenţei materialelor cu monomer FA în funcţie de temperatura mediului de păstrare a epruvetelor.

Cercetările efectuate în ţara noastră au arătat că la procentul optim de întăritor acid

Tabela III.1

Variația rezistenței la încovoiere a mortarelor cu monomer FA în funcție de procentul de acid benzen-sulfonic din amestec

Întăritor acid benzen-sulfonic în % din cantitatea de monomer FA din amestec	Rezistența kgf/cm² la vîrsta de... zile				
	1	3	7	14	28
10	—	—	30	67	—
15	6,4	44	66	82	86
20	25	55	79	93	108
25	26	60	90	96	117
30	98	138	141	157	—
35	106	141	152	165	—
40	128	157	169	175	—

benzen-sulfonic (100%) de 20—25% din cantitatea de FA din amestec și temperatura de lucru în intervalul 18—22°C, timpul de priză al materialului proaspăt variază între 50 și 90 min iar rezistențele maxime ale materialului întărit sînt atinse la vîrsta de 28—30 zile [8, 13, 34].

Dozajul optim de liant organic-monomer FA din amestec variază între 10 și 15% din greutatea amestecului, fiind în funcție în principal de granulozitatea agregatului și de raportul furfurol: FA, cu mențiunea că variația cantității de monomer FA din amestec cu ±2—3% în jurul procentului optim de liant organic, stabilit pentru un anumit tip de agregat și regim de lucru, influențează în mai mare măsură consistența materialului proaspăt și într-o mai mică măsură rezistențele mecanice ale materialului întărit [8, 13, 25,34]. În tabela III.2 sînt redate unele rezultate ale încercărilor efectuate în această direcție [25].

Umiditatea mediului de păstrare a epruvetelor în intervalul confecționare-încercare influențează sensibil asupra creșterii rezistențelor mecanice în timp. În fig. III.5 și III.6 este reprezentată grafic creșterea rezistențelor mortarelor și betoanelor cu dozaj de 12,5% monomer FA, 80% agregat cuarțos, 20% material de umplutură (nisip cuarțos fin sub 0,2 mm), în comparație cu o rețetă cu nisip de rîu 80% + + 20% nisip cuarțos sub 0,2 mm, cu 25% întăritor acid

Tabela III.2

Variaţia rezistenţei la încovoiere a epruvetelor prizmatice din mortar în funcţie de procentul de monomer FA din amestec

Monomer FA în % din greutatea agregatului din amestec	Rezistenţa în kgf/cm² la vîrsta de... zile			
	3	7	14	28
9	60	103	123	—
11	72	126	135	125
13	84	126	150	169
15	100	139	150	162

benzen-sulfonic. Epruvetele au fost păstrate în intervalul confecţionare-încercare în aer cu 60—75% umiditate relativă, sau 24 ore în tipare în aer cu 60—75% umiditate rela-

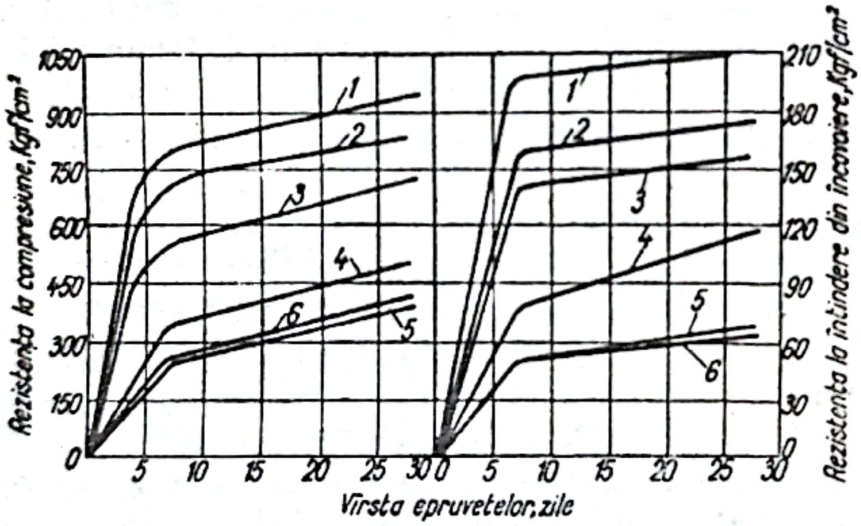


Fig. III.5. Creşterea rezistenţei materialelor cu monomer FA la compresiune şi întindere din încovoiere:

1 — epruvete cu agregat cuarţos 0—15 mm păstrate în aer; *2* — idem cu nisip cuarţos 0—5 mm; *3* — idem cu nisip de rîu 0—7 mm; *4* — idem cu agregat cuarţos 0—15 mm păstrat în apă; *5*— idem nisip cuarţos 0—5 mm; *6* — idem nisip de rîu 0—7 mm.

tivă şi apoi imersate în apă pînă la vîrsta încercării. Rezultatele reprezentate grafic arată că rezistenţele epruvetelor imersate în apă ating la vîrsta încercării valori de circa 50—60% din rezistenţele păstrate tot timpul numai în aer [8, 13]. După datele lui M. S. Talcikov [35] procesul de în-

tărire a epruvetelor imersate în apă decurge mai încet şi se termină complet în 70—72 zile.

Modulul de elasticitate E al materialelor cu monomer FA variază cu vîrsta epruvetelor, cu tipul materialului, cu

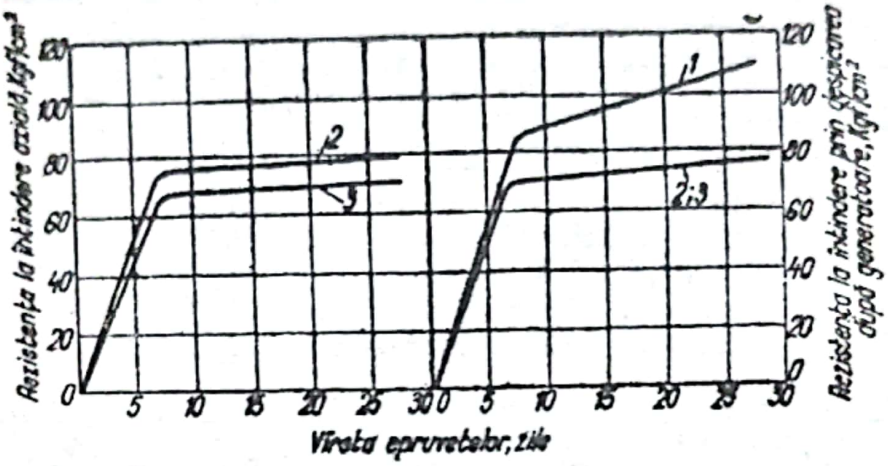


Fig. III.6. Creşterea rezistenţei materialelor cu monomer FA la întindere axială şi la întindere prin despicare după generatoare păstrate în aer:
1 — cu agregat cuarţos 0—15 mm; *2* — cu nisip cuarţos 0—5 mm; *3* — cu nisip de rîu 0—7 mm.

raportul între componenţii acestuia, cu valoarea sarcinilor de încărcare etc. Din acest motiv valorile indicate în diferite lucrări sînt foarte variate, de exemplu:

— Modulul de elasticitate determinat pe prisme 10 × × 10 × 30 cm în vîrstă de 1—3 luni era egal cu 210 000 — —250 000 kgf/cm², iar modulul de elasticitate dinamic determinat pe prisme 4 × 4 × 16 cm cu aparatul de ICMK-2 la diferite vîrste era egal cu 200 000—300 000 kgf/cm² [25].

— Modulul de elasticitate determinat pe prisma 4 × × 4 × 16 cm pentru încărcări egale cu 1/3 din rezistenţele prismatice (STAS-5585-62) pentru mortare cu raport F:FA = = 1/7; raport liant organic-agregat 1/6, a fost de circa 156 000 kgf/cm² [34].

Alt autor [15] indică următoarele valori:

— compresiune — $R_c = 500$ kgf/cm² — $E_c = 9 - 15 \cdot 10^4$;
— încovoiere — $R_{ti} = 130$ kgf/cm² — $E_{inc} = 9 - 15 \cdot 10^4$;
— întindere axială — $R_t = 55$ kgf/cm² — $E_t = 5 - 10 \cdot 10^4$.

Scanned with OKEN Scanner

Deformaţiile betoanelor şi mortarelor cu monomer FA sub acţiunea sarcinilor de durată au fost destul de puţin studiate şi în unele cazuri rezultatele obţinute sînt contradictorii [15, 32]. În continuare se redau unele din rezultatele obţinute de M. A. Ivanov [15] la încercările efectuate pe epruvete de mortar confecţionate după următoarea tehnologie:

— reţeta de lucru, în % din greutatea componentelor amestecului:

nisip	67,10
nisip măcinat	16,7
monomer FA	11,75
furfurol	1,70
întăritor acid benzen-sulfonic	2,75

— amestecul proaspăt bine omogenizat s-a turnat în tipare şi s-a compactat prin vibrare pe masa vibratoare;

— după întărire epruvetele au fost scoase din tipare şi supuse tratamentului termic la 80°C timp de 260 ore. Epruvetele încercate după tratamentul termic la compresiune, încovoiere şi întindere axială au avut rezistenţele medii menţionate anterior. Pentru încercări s-au confecţionat următoarele serii de epruvete.:

— încercări la compresiune — prisme 2 × 2 × 7 cm;

— încercări la încovoiere — prisme 2 × 2 × 56 cm;

— încercări la întindere axială — epruvete cu secţiunea 1,5 × 1 cm, lungimea 5,5 cm cu capetele îngroşate.

În timpul încercărilor s-a asigurat menţinerea temperaturii între 19 şi 21°C.

Rezultatele încercărilor efectuate sînt redate parţial în fig. III.7, III.8 şi III.9.

Încercările la compresiune cu acţionarea sarcinilor de lungă durată efectuate la eforturi de 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 şi 0,9 din efortul de rupere (500 kgf/cm²) indică următoarele:

— epruvetele încărcate cu peste 0,6 $R_{c,rupere}$, s-au distrus la intervale de timp diferite — nedepăşind însă 5 zile;

— pentru epruvetele încărcate cu o sarcină mai mică sau egală cu 0,6 $R_{c,rupere}$, deformaţiile sub sarcină se produc cu viteză mai mare în primele 30—50 zile, după

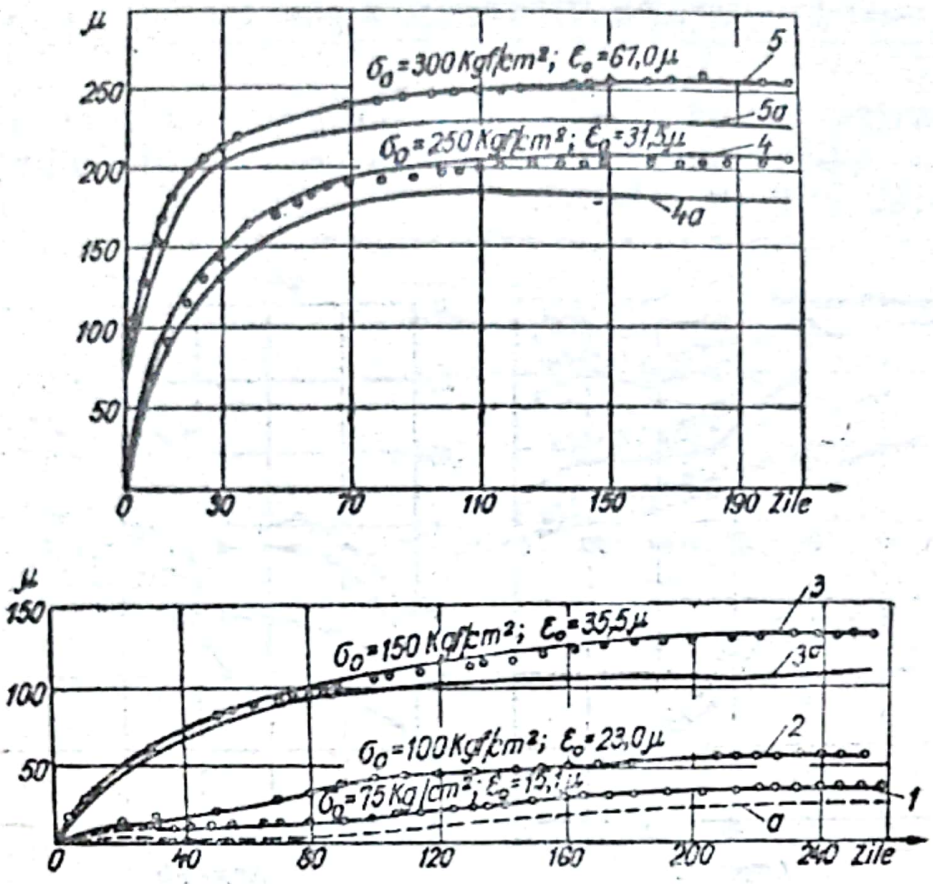


Fig. III.7. Creşterea deformaţiilor epruvetelor de mortar cu monomer FA sub acţiunea eforturilor de compresiune de lungă durată:

1.. 5 — deformaţiile totale sub sarcină constantă; *3a...5a* — deformaţiile de curgere lentă.

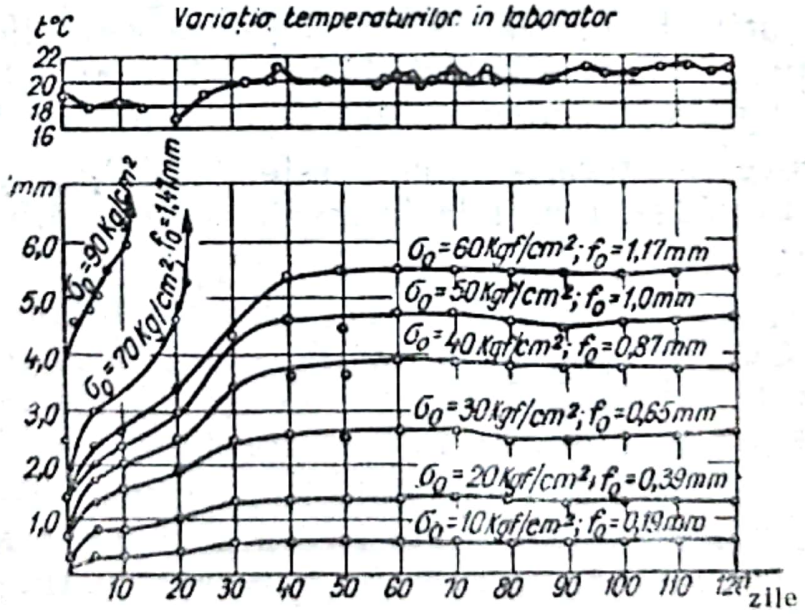


Fig. III.8. Deformaţiile epruvetelor din mortar cu monomer FA solicitate la încovoiere timp îndelungat (f_0 — săgeata iniţială, $\sigma_0 = \sigma_i = constant$).

Scanned with OKEN Scanner

care viteza de creştere a deformaţiilor scade cu timpul, tinzînd spre o valoare constantă a deformaţiilor după circa 120—150 zile (fig. III.7).

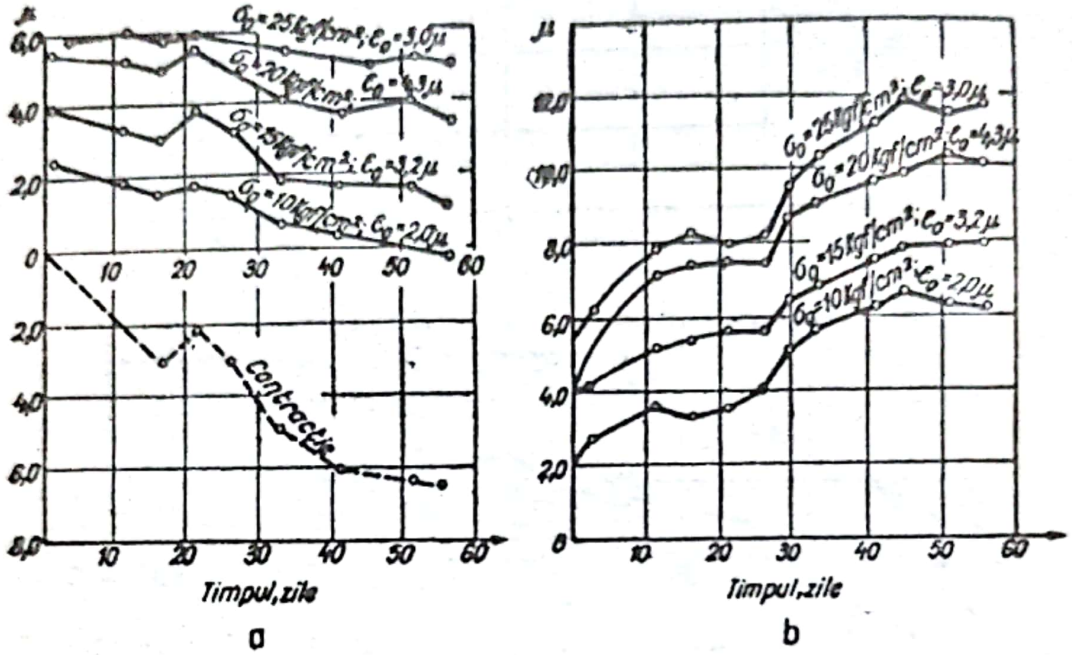


Fig. III.9. Deformaţiile epruvetelor din mortar cu monomer FA, solicitate la întindere axială timp îndelungat:
a — deformaţii totale (inclusiv contracţia); *b* — deformaţiile după eliminarea contracţiei.

Încercările la încovoiere sub acţiunea sarcinilor de durată efectuate pentru eforturi de la 10 la 100 kgf/cm² (din 10 în 10 kgf/cm²), indică în principal următoarele:

— epruvetele încărcate cu peste 0,5 $R_{i,rupere}$ (0,5 × × 130 kgf/cm²) s-au rupt la intervale de timp diferite, pînă la 20 zile;

— la epruvetele supuse la acţiunea sarcinilor corespunzînd $R_i < 0{,}5\ R_{i,rupere}$, deformaţiile s-au produs cu o viteză mai mare în primele 20—40 zile de la aplicarea sarcinii, după care au tins spre o valoare constantă (fig. III.8).

Încercările la întindere axială sub acţiunea sarcinilor de durată, efectuate pentru eforturi ce depăşeau 0,5 R_t rupere (0,5 × 55 kgf/cm²) s-au rupt în intervale de timp diferite pînă la o zi;

— la epruvetele supuse la sarcini corespunzînd $R_t < < 0{,}5\ R_{t,r}$ (după efectuarea corecţiilor cu valorile contrac-

ţiei) a rezultat că viteza de creştere a deformaţiilor se reduce, tinzînd spre o valoare constantă, după 45—55 zile (fig. III.9.).

Contracţia mortarelor şi betoanelor cu monomer FA se explică prin formarea unui număr mare de pori mici, mai ales închişi. Contracţia epruvetelor continuă şi după întărirea iniţială, datorită evaporării componenţilor volatili. Umflarea acestora în apă sau soluţii de acizi se produce ca urmare a absorbţiei lichidelor din afară [25].

Cercetările efectuate în ţara noastră [8, 13, 34] au arătat că valorile contracţiei epruvetelor sînt influenţate de compoziţia mortarului sau betonului şi condiţiile de păstrare a epruvetelor, fiind de obicei mai mari decît contracţiile mortarelor şi betoanelor cu ciment (tabela III.3).

Tabela III.3

Contracţiile epruvetelor mortarelor şi betoanelor cu monomer FA

Compoziţia mortarului sau betonului	Raportul F/FA	Raportul FA/agregat	Contracţii, mm/m						Variaţia contracţiei de la 1 la 90 zile, mm
			24 ore	3 zile	7 zile	14 zile	28 zile	90 zile	
Agregat 0—3 mm + 20% umplutură	1 : 3	1 : 6	1,95	2,15	2,27	2,44	2,56	3,37	1,42
I d e m	1 : 7	1 : 6	0,37	0,94	1,16	1,22	1,39	1,97	1,60
Agregat 0—5 mm +20% umplutură	1 : 7	1 : 7	—	0,40	1,10	1,20	1,20	—	—
Agregat cuarţos 0—15 mm +20% umplutură	1 : 7	1 : 8	0,91	1,14	1,17	—	1,20	1,35	0,41
Criblură bazalt 0—15 mm + nisip cuarţos 0,1 mm	1 : 7	1 : 8	1,47	2,22	2,34	—	2,50	2,56	1,09

Aderenţa materialelor pe bază de monomer FA la beton, metal şi alte materiale. Materialele pe bază de monomer FA aderă bine la suprafaţa uscată a betoanelor şi mortarelor

de ciment (tabela III.4). La suprafeţe umede de beton sau mortar, aderenţa este însă foarte slabă, deoarece pe supra-

Tabela III.4

Aderenţa mortarelor cu monomer FA la betonul de ciment

Tipul de strat impermeabil	Aderenţa (măsurată prin rezistenţa la deplasare), kgf/cm² — la vîrsta de... zile de la turnare		
	7	14	28
Fără strat impermeabil	14,9	29,1	28,3
Strat de bitum în benzină	35,1	31,2	30,7
Strat de VHGM	32,2	36,1	42,4

faţa acestora există soluţii active de var (bază), care reacţionează şi ca atare neutralizează în zona de contact întăritorii acizi ai betoanelor şi mortarelor cu monomer FA. Probabil că în zona de contact, prin reacţie se formează un strat subţire de produse rezultate din reacţia varului cu acizii care împiedică aderenţa. Datele experimentale arată că în cazul suprafeţelor uscate, reacţia de neutralizare nu are un efect important, astfel încît aderenţa la suprafeţe de beton sau mortar se caracterizează prin indici destul de mari [25].

Aderenţa acestor tipuri de mortare şi betoane la materiale pe bază de ciment se poate îmbunătăţi prin aplicarea unui strat din material impermeabil între cele două tipuri de materiale, cum ar fi bitum dizolvat în benzină, lac furilic, copolimer de clorură de viniliden — VHGM etc [25].

Aderenţa mortarelor şi betoanelor cu monomer FA la armătura de oţel este de circa 60 kgf/cm², fiind de asemenea mai redusă în prezenţa umidităţii.

Materialele pe bază de monomer FA aderă bine la cărămidă şi plăci ceramice, dînd lipituri mai rezistente decît cărămida lipită.

Rezistenţa la uzură a mortarelor şi betoanelor cu monomer FA şi agregat cuarţos sau andezit măcinat este de cel puţin 2—3 ori mai mare (în funcţie de compoziţie) decît a betoanelor şi mortarelor de ciment [8, 14, 17, 30, 34].

Scanned with OKEN Scanner

Absorbția de apă a epruvetelor (cilindrice, cubice și prismatice) din betoane sau mortare cu monomer FA, confecționate din materiale cu o compoziție judicios aleasă (agregate cu granulație continuă, adaos de material de umplutură, volum redus de goluri și 12—15% monomer FA), păstrate în aer cu umiditatea normală 28 zile și apoi imersate în apă 3—30 zile, au valori cuprinse între 0 și 0,2 % din greutatea epruvetelor. Se menționează că nu s-a observat creșterea absorbției apei în timp, de obicei procentul de 0—0,2% este atins în primele 24 ore, după care absorbția nu mai crește. Permeabilitatea mortarelor și betoanelor cu monomer FA cu compoziție bine aleasă este practic nulă. Încercările efectuate în U.R.S.S. arată că betonul cu monomer FA este impermeabil la apă la presiuni de 12—20 at [12, 14, 17]. Încercările efectuate în țara noastră [8] pe epruvete cilindrice ($h = d = 52$ mm), confecționate din mortar cu monomer FA au arătat că materialele compacte ($\gamma_a > 2\,150$ kg/m^3) supuse la gradienți hidraulici $i = 500...900$ au permeabilitate practic nulă. Epruvete de 20 × 20 cm și grosimea de 10 cm din mortare și betoane cu monomer FA având $\gamma_a > 2\,100$ kg/m^3, încercate la permeabilitate conform STAS 3 519/952 s-au dovedit total impermeabile la presiuni ale apei de 12 at (presiunea maximă care putea fi obținută cu instalația respectivă).

Plăci de mortar de ciment de 20 mm grosime, acoperite cu un strat izolant de mortar fin cu FA de 4; 6; 8 și 10 mm grosime rămîneau impermeabile la presiuni ale apei de 8 at timp de 24 ore (după care nu s-au mai continuat încercările), în timp ce plăcile etalon de mortar de ciment — fără strat izolator — deveneau permeabile după cîteva minute [25].

Rezistența mortarelor și betoanelor cu monomer FA la îngheț-dezgheț (gelivitate). Încercările efectuate arată că epruvete cubice (7,07 × 7,07 × 7,07 cm) supuse la 100 cicluri de îngheț-dezgheț (conform STAS 3518/952) și-au redus greutatea cu maximum 0,2—0,7 %, nu prezentau degradări ale muchiilor sau colțurilor după terminarea încercărilor și aveau rezistența la compresiune mai mare cu 10—16% în raport cu epruvetele martor (din aceeași compoziție însă păstrate pe timpul încercărilor circa 4 luni imersate în apă potabilă), ceea ce arată că aceste materiale au

Scanned with OKEN Scanner

rezistenţă bună la acţiunea repetată a fenomenului de îngheţ-dezgheţ [8].

Asupra stabilităţii termice a mortarelor şi betoanelor cu monomer FA, datele din literatură nu concordă întotdeauna. Din încercările efectuate în U.R.S.S. rezultă o bună stabilitate termică chiar pînă la 200°C, datele cercetărilor efectuate în ţara noastră arată că la temperaturi de peste 100—120°C rezistenţa acestor materiale se reduce mult. Datele privind execuţia unor lucrări semiindustriale de protecţii superficiale (căptuşire la scruberele unei centrale termoelectrice) supuse în exploatare la acţiunea apelor acide şi a temperaturii pînă la 180°C, arată că după 9 luni de exploatare nu s-a semnalat nici un fel de deteriorări [7, 25, 34]. În general, majoritatea autorilor sînt de acord că aceste materiale au stabilitate termică bună la temperaturi de 80—100°C şi stabilitate termică limitată la acţiunea temperaturilor mai ridicate.

Rezistenţa mortarelor şi betoanelor cu monomer FA la acţiuni chimice agresive şi la imersare în apă timp îndelungat.

Datele din literatura de specialitate sovietică şi americană ilustrează rezistenţa bună, sau foarte bună a acestor materiale la acţiunea majorităţii acizilor (cu excepţia oxidanţilor), la acţiunea alcaliilor, a sărurilor, a diverselor produse organice, precum şi faţă de apa de mare, ape reziduale, benzină şi petrol etc. [12, 14, 25]. În tabelele III.5—III.7 sînt redate unele din rezultatele cercetărilor efectuate mai recent sub conducerea prof. N. A. Moşcianski [27] din care rezultă în principal următoarele:

— mortarele la care s-a folosit cocsul ca agregat au rezistenţe mecanice mult superioare mortarelor cu agregat cuarţos sau cu grafit;

— mortarele cu monomer FA imersate în apă timp îndelungat prezintă, în prima perioadă după imersare, o scădere a rezistenţei mecanice (de obicei pînă la 20—30%), care se stabilizează în timp relativ scurt, după care se păstrează în continuare aproximativ la acelaşi nivel. Se observă că această scădere de rezistenţă este mai accentuată la epruvetele confecţionate cu agregat cuarţos;

— mortarele cu monomer FA îşi păstrează bine proprietăţile fizico-mecanice la păstrarea timp îndelungat în condiţii atmosferice;

Scanned with OKEN Scanner

— mortarele cu monomer FA (independent de natura agregatului) au rezistență bună la acid sulfuric pînă la o concentrație de 70%, acid clorhidric pînă la o concentrație de 30%, sodă caustică pînă la o concentrație de 30%, benzină, toluen și ulei mineral, confirmînd rezultatele cercetărilor anterioare: — folosirea acidului sulfuric ca întăritor nu are ca efect obținerea de rezultate mult mai bune, în comparație cu folosirea acidului benzen-sulfonic, ca întăritor, dar folosirea acestuia din urmă este mai comodă și de aceea se recomandă.

Cu privire la domeniul de utilizare al acestor betoane și mortare în literatura de specialitate [7, 8, 12, 14, 29, 34], se arată că se folosesc experimental sau semiindustrial, la elementele prefabricate pentru cuvelaje miniere, la execuția elementelor prefabricate pentru metrou, în construcțiile hidrotehnice, construcțiile rutiere, pentru protecții împotriva coroziunii chimice etc.

Dintre aplicațiile acestui material se menționează cîteva în construcțiile hidrotehnice și lucrări speciale [7, 12, 14, 26, 30].

Deversoarele barajelor din sistemul de irigații al Uzbechistanului amplasate pe rîuri de munte suferă deteriorări puternice în fiecare an datorită materialului solid transportat de ape (de la nisip pînă la blocuri de piatră de 70 cm diametru), fapt pentru care deversoarele sînt consolidate cu șine de cale ferată, tablă de oțel sau fontă dură; însă uzura prin frecare este atît de mare încît metalul se uzează 2—3 mm anual.

Pe baza rezultatelor obținute în experiențele efectuate în laborator, în anul 1959 s-a trecut la experimentări pe scară industrială, turnîndu-se beton cu monomer FA la barajele Verhnii Circinsk și Palaman din R. S. S. Uzbecă, în zona în care betonul obișnuit suferă deteriorări puternice în timpul exploatării. Ca agregat pentru betonul turnat la aceste baraje s-a folosit nisipul și pietrișul de rîu. Rezultatele acestor experimentări semiindustriale au fost promițătoare, însă uzura materialului în exploatare era încă mare, comparativ cu rezultatele obținute în laborator. În anul 1960 s-au efectuat noi cercetări de laborator în care s-a înlocuit agregatul de rîu cu nisip de concasaj obținut din roci andezitice sau granitice. Rezultatele acestor cercetări sînt redate și în tabela III.8 în comparație cu mortarul de ciment de marcă 400.

Scanned with OKEN Scanner

Rezistența mortarelor cu

Mediul	Concentrația %	Rezistența				
		Cu nisip de cuarț				
		Durata				
		0	30	90	180	365
Aer	—	231	243	263	294	290
Apă	—	—	165	162	144	180
Acid sulfuric	10	—	187	202	182	197
	30	—	242	237	228	269
	70	—	274	301	284	338
Acid clorhidric	10	—	234	171	211	204
	30	—	232	256	209	242
Acid azotic	10	—	200	146	62	—
Sodă caustică	15	—	220	213	199	175
	30	—	262	290	220	257
Benzină	—	—	263	300	250	275
Toluen	—	—	246	274	259	296
Ulei mineral	—	—	243	285	260	—

Observație: Numărător - epruvete întărite cu acid sulfuric; numitor-

Scanned with OKEN Scanner

monomer FA în medii agresive — *Tabela III.5*

la încovoiere, kgf/cm²

Cu grafit					Cu cocs				
de întărire, zile									
0	30	90	180	365	0	30	90	180	365
379	403	375	388	429	369	517	—	557	—
381	425	374	334	—	458	530		524	578
—	440	423	413	356	—	579	542	550	470
405	493	262	—	261		385	241	245	281
—	433	445	393	417	—	548	563	625	482
	312	342	326	329		425	376	427	358
—	402	412	458	495	—	494	554	581	565
	403	412	381	406		539	452	564	521
—	377	362	410	400	—	335	522	544	578
	348	371	401	434		463	469	589	575
—	391	425	436	454	—	570	543	608	625
	398	337	379	340		509	488	479	536
—	375	402	468	440	—	487	531	595	560
	425	445	459	495		598	527	593	625
—	366	396	359	316	—	597	551	545	100
	270	215	107	distrus		333	262	223	167
—	401	417	439	382	—	528	509	576	548
	326	321	330	—		465	436	357	290
—	396	411	410	485	—	440	443	597	—
	407	393	410	—		523	511	491	625
—	396	363	415	440	—	483	500	594	548
	483	500	373	428		487	536	625	606
—	431	393	430	498	—	511	526	553	578
	428	417	372	408		412	464	566	524
—	408	456	448	423	—	475	517	534	610
410	415	469	382	442		597	565	656	625

epruvete întărite cu acid benzen-sulfonic.

Tabela III.6

Variaţia rezistenţei la încovoiere şi compresiune a mortarelor cu monomer FA în cazul păstrării timp îndelungat în condiţii variate: epruvete 4 × 4 × 16 cm — compoziţia agregatului: 1 — nisip; 2 — grafit; 3 — cocs

Mediul	Variaţia rezistenţei la încovoiere şi compresiune după păstrare timp de... zile, kgf/cm²					
	3	30	60	90	180	270
1	99 / 412	83 / 470	130 / 531	127 / 567	186 / 402	200 / 569
2 Aer, în cameră în laborator	97 / 578	78 / 515	88 / 569	100 / 671	211 / 717	205 / 747
3	206 / 1 013	—	290 / 1 044	304 / 1 288	344 / 1 135	—
1	99 / 412	112 / 388	107 / 430	108 / 508	157 / 333	94 / 423
2 Apă potabilă	97 / 578	163 / 647	184 / 647	149 / 728	173 / 604	117 / 706
3	206 / 1 013	—	294 / 1 044	297 / 1 267	268 / 1 137	—
1	99 / 412	115 / 429	122 / 378	141 / 523	—	146 / 552
2 Atmosferă	97 / 578	104 / 496	117 / 701	146 / 714	—	210 / 716
3	206 / 1 013	—	258 / 1 044	262 / 1 255	326 / 1 215	—

Observaţie. La numărător — rezistenţa la încovoiere, la numitor — rezistenţa la compresiune.

Studiile de laborator efectuate în anul 1960, au scos în evidenţă faptul că agregatul mineral folosit pentru prepararea betonului trebuie ales cu multă grijă, deoarece acidul benzen-sulfonic, folosit ca întăritor al răşinii intră în reacţie cu agregatele ce conţin carbonaţi şi calitatea betonului scade.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.7

Variaţia modulului dinamic de elasticitate în % faţă de cel iniţial pentru mortare cu monomer FA păstrate în condiţii variate

Nr.	Mediul şi condiţiile de păstrare	Variaţia modulului dinamic de elasticitate, în % după păstrare timp de zile:				
		30	60	90	180	270
1	Aer din cameră	99	99	99	100	107
2		66	102	108	116	108
3		—	107	100	105	—
1	Apă potabilă	100	64	74	100	85
2		100	93	103	98	101
3		—	93	94	102	—
1	Atmosferă (pe acoperiş)	106	103	98	—	91
2		95	103	102	—	67
3		—	99	106	106	—

1 — epruvete cu nisip; 2 — cu grafit: 3 — cu cocs.

Tabela III.8

Caracteristicile mortarelor de ciment şi de monomer FA cu diferite agregate

Caracteristici	Mortar de ciment de marcă 400	Mortar cu monomer FA	
		cu nisip	cu andezit concasat
Rezistenţa de rupere, kgf/cm²			
— compresiune	400	400—800	1 250—1 350
— întindere din încovoiere	50	160—200	300—320
— întindere axială	30	64—75	99—102
Rezilienţa specifică, kgf/cm²	1,5—2	1,4—2,5	2,6—4,0
Absorbţia de apă, %	—	0,1	0,0178
Permeabilitate la apă (nu se indică presiunea)	permeabil	impermeabil	impermeabil
Rezistenţa la uzură (metoda standardizată pe cercul Amsler), gf/cm²	—	—	0,02—0,018*

*) Rezistenţa la uzură obţinută pentru mortarul cu monomer FA este egală cu rezistenţa granitului de cea mai bună calitate.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza noilor studii de laborator s-au efectuat aplicaţii semiindustriale la barajele: Sari Kurgan, Assahin, Palaman şi Ianghi Saisk [17, 24].

Barajul Sari Kurgan situat la ieşirea rîului Soh din regiunea de munte lucrează în condiţii excepţional de grele, pentru care întreg deversorul barajului este acoperit cu tablă de oţel de cazane, oţel U şi şine de cale ferată.

Lucrările experimentale pentru folosirea betonului cu monomer FA au constat din turnarea unei plăci de 14 cm grosime pe sectorul înclinat al deversorului în prima travee, direct în lungul culeii. Placa în suprafaţă de 14,4 m^2 (6 × × 2,4 m) a fost armată cu bare de oţel rotund 10 mm, aşezate la distanţă de 60 cm între ele, care s-au sudat de şinele îngropate în betonul ciclopian din fundaţii.

Ca agregat mare pentru beton s-a folosit pietriş de granit din rîul Soh (5—40 mm) 60% din greutate, iar ca agregat de granulaţie mică andezitul măcinat 40% în greutate şi monomer FA 10% din greutatea agregatului. Volumul de beton turnat în placă a fost de 2,00 m^3 şi a fost preparat manual. În timpul execuţiei lucrărilor temperatura aerului fiind ridicată (27°C), s-a redus cantitatea de întăritor la 20% din greutatea monomerului.

Placa turnată în deschiderea barajului prin care trece cantitatea maximă de aluviuni a fost examinată după 6 şi 12 luni de la turnare, constatîndu-se o comportare bună a acesteia, uzura totală a plăcii fiind de 3—5 mm, adică egală cu rezistenţa granitului de cea mai bună calitate. Examinîndu-se din nou placa după un an, nu s-au constatat fisuri sau spărturi, uzura fiind, de asemenea, sub 5 mm.

Se menţionează că la betonul cu monomer FA, datorită uzurii prin transportul aluviunilor, suprafaţa plăcii s-a şlefuit, fără a se produce distrugerea liantului din jurul granulelor de agregat, cum se întîmplă la betonul de ciment supus uzurii, ceea ce duce la concluzia că noul material reprezintă în exploatare o masă solidă fără porţiuni vulnerabile.

La barajul Asahin s-a reparat cu beton cu monomer FA pintenul disipatorului de energie care fusese avariat de aluviunile transportate. Compoziţia betonului turnat la acest baraj a fost următoarea: pietriş de rîu 5—40 mm, 53%; andezit măcinat 47% în greutate, monomer FA 14%

Scanned with OKEN Scanner

din greutatea agregatelor, întăritor 30% din greutatea monomerului. Temperatura aerului în timpul turnării a fost de 22—28°C, iar temperatura amestecului de beton de 33—43°C. Decofrarea betonului s-a făcut după circa 12 ore, iar trecerea apei peste betonul cu monomer FA a fost permisă după 28 zile de la turnare.

La barajul Palaman, betonul cu monomer FA a fost folosit pentru reparația unei caverne cu suprafață de circa 6 m² și volum de 4,00 m³ care se formase la partea inferioară a deversorului la 1,5 m de peretele stîng al construcției. Pentru economia de monomer FA în primul strat de beton cu monomer, așezat pe fundul cavernei, s-au înglobat bolovani de granit cu dimensiunile de 30—45 cm, peste care s-au turnat și compactat straturile superioare de beton cu monomer FA cu următoarea compoziție: piatră de concasaj cu granulație sub 40 mm în proporție de 62,5%; andezit măcinat 37,5% în greutate, monomer FA 12% din greutatea agregatelor și întăritor 30% din greutatea monomerului. Suprafața betonului cu monomer FA s-a acoperit cu un strat de mortar cu monomer FA la care s-a folosit ca agregat andezitul măcinat.

Observațiile efectuate după primele viituri au arătat buna comportare a betonului cu monomer FA în comparație cu porțiunile martor executate cu beton obișnuit.

Din lucrările executate s-au luat probe de control ale căror rezultate sînt redate în tabela III.9.

Tabela III.9

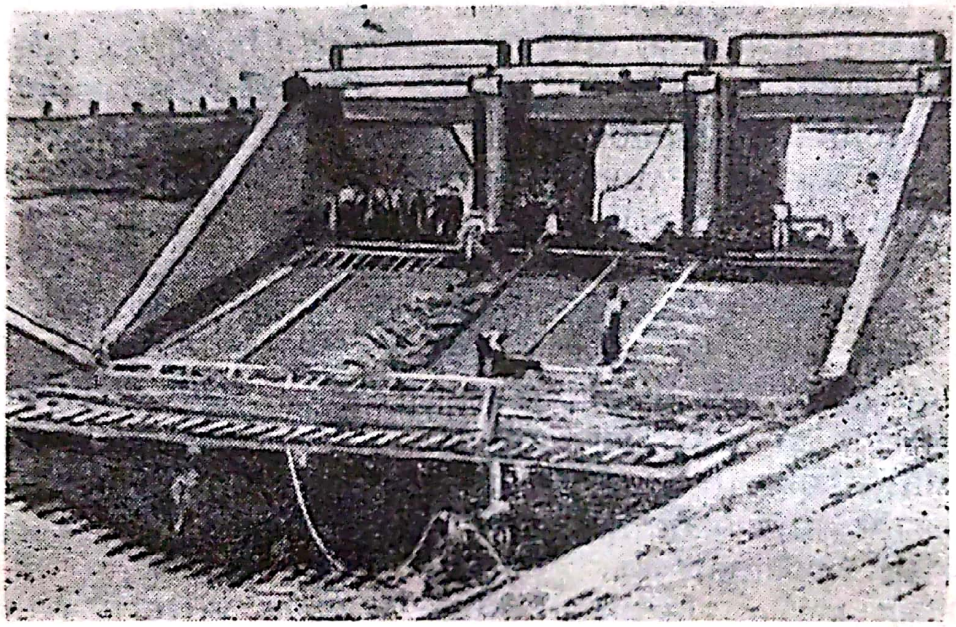
Rezistența epruvetelor de control din beton cu monomer FA

Locul turnării	Vîrsta epruvetelor în zile	Rezistența, kgf/cm²	
		Compresiune	Întindere din încovoiere
Barajul Sari Kurgan	180	655	180
Barajul Assahin	90	725	149
Barajul Palaman	90	644	116

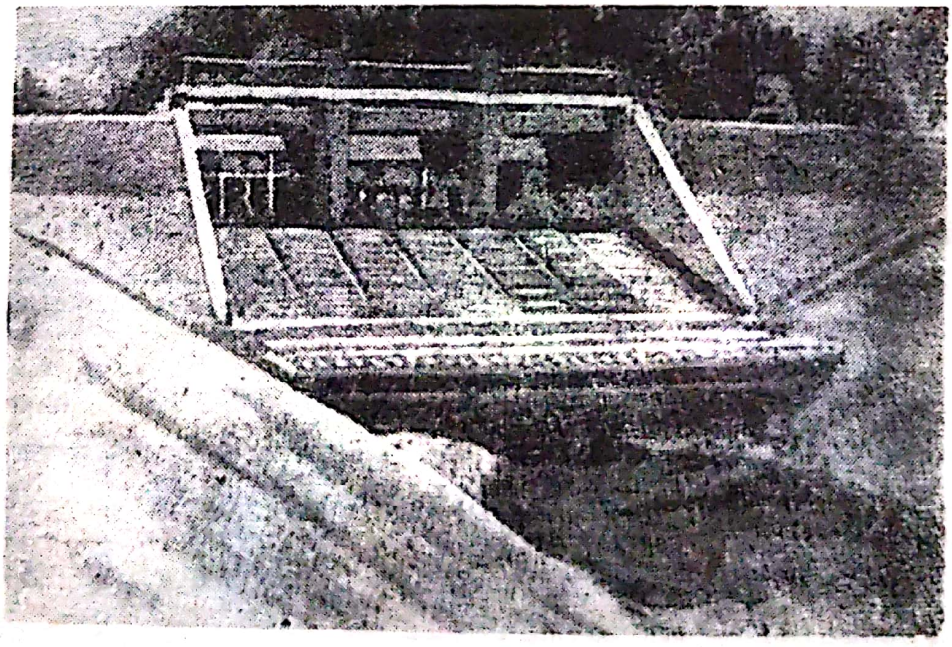
În anul 1961, s-a executat îmbrăcămintea de protecție din beton cu monomer FA la barajul nou construit la Ianghi-

Saisk, pe o suprafaţă de peste 300 m² (fig. III.10) în locul îmbrăcăminţii proiectate din plăci de bazalt.

Îmbrăcămintea s-a executat în grosime de 8—15 cm pe partea orizontală a radierului între pile şi culee, pe pile şi culeea de partea traveelor (pînă la înălţimea de 0,5 m) în grosime de 12—15 cm; iar pe pereţii plonjori (la partea inferioară pînă la înălţimea de 35 cm) şi pe întregul deversor



a



b

Fig. III.10. Barajul Ianghi-Saisc:
a — în timpul turnării betonului cu monomer FA; *b* — după execuţia lucrării.

Scanned with OKEN Scanner

în suprafață de 157 m² în grosime de 12 cm, exceptînd un mic sector de control executat din beton armat.

Lucrările s-au executat pe timp frumos, temperatura aerului variind între 26 și 35°C, iar temperatura amestecului de beton cu monomer FA măsurată după o jumătate de oră de la turnare, a atins valori cuprinse între 42 și 60°C, sfîrșitul prizei fiind observat după o jumătate de oră de la turnare.

Pentru confecționarea betonului s-au folosit betoniere cu amestec prin cădere liberă de 250 l capacitate, iar pentru compactare s-au folosit vibratoare obișnuite de adîncime și de suprafață. Probele de control luate în timpul execuției au atins la vîrsta de șapte zile rezistența la compresiune de 500 kgf/cm².

Conform condițiilor tehnice, trecerea apei peste baraj trebuia permisă cel mai devreme la 28 zile de la turnare, însă din cauza viiturilor mari apa a trecut peste baraj la opt zile de la turnare. Cu toate acestea observațiile efectuate la intervale de trei luni după darea în exploatare au arătat că îmbrăcămintea din beton cu monomer FA se comportă bine.

Lucrările sînt în exploatare și în prezent, fapt ce a permis să se confirme rezistența mare la uzură, gelivitate și durabilitatea bună în condiții de exploatare grele la anumite construcții hidrotehnice pentru noile materiale [7].

În unele regiuni ale U.R.S.S. din Asia Centrală, avîndu-se în vedere că drenajele executate din tuburi ceramice și de azbociment au o serie de dezavantaje ca: preț de cost ridicat, necesitatea amenajării de filtre inverse etc., s-au experimentat cu succes tuburi de drenaj din beton cu monomer FA [35]. Tuburile de drenaj experimentate s-au confecționat din beton macroporos cu monomer FA și au capacitatea de a filtra apa pe întreaga suprafață.

Pentru fabricarea tuburilor se recomandă următoarea rețetă:

agregat mineral (nisip, pietriș mărunt, criblură în procent din greutatea amestecului)	95%
monomer FA	3%
întăritor acid benzen-sulfonic	2%

Scanned with OKEN Scanner

Agregatul mineral nu trebuie să conțină argilă și să aibă o umiditate sub 0,5%, în caz contrar agregatul trebuie uscat.

Procesul tehnologic de fabricare a tuburilor are loc în două etape și anume:

— prepararea betonului într-o stație de betoane;

— turnarea betonului în forme metalice și compactarea prin vibrare pe o masă vibrantă standard. În cazul în care munca este bine organizată, se pot confecționa 600—800 m tuburi pe schimb.

Din condițiile pe care trebuie să le îndeplinească tuburile, se menționează:

greutatea volumetrică	1,75—1,85 g/cm³
porozitate	25—35%
rezistență la compresiune	80—110 kgf/cm²
coeficient de filtrare	0,2—0,3 cm/s
rezistență bună la acțiunea acizilor (cu excepția acidului azotic și alcaliilor).	

Printre avantajele drenajului din tuburi de beton cu monomer FA, se menționează:

— tuburile se fabrică după un proces tehnologic simplu cu utilaje utilizate curent de întreprinderile de construcții;

— preț de cost pe metru liniar de drenaj mai scăzut cu 20—25% decît costul drenajelor obișnuite (din tuburi ceramice și azbociment) care se execută în stepa Flămînda și alte regiuni din Asia Centrală;

— rezistența mare la agresivitate chimică a acestor tuburi și faptul că nu necesită execuția de filtre inverse;

— betonul cu monomer FA se întărește și în apă, procesul de întărire fiind complet terminat în circa 72 zile.

Diferite aplicații cu folosirea materialelor cu monomer FA care au un caracter de protecții superficiale a unor lucrări de beton, beton armat sau instalații tehnologice vor fi prezentate mai departe. În prezentul capitol se vor mai menționa lucrările executate la o termocentrală din U.R.S.S. în anul 1963 [7], unde căptușeala scruberelor pentru captarea cenușii din gazele de ardere se deteriora în interval de cîteva luni sub acțiunea coroziunii chimice provocate de diferiții acizi și a temperaturii ridicate (circa 180°C). Lucrările de căptușire a scruberelor s-au executat după următoarea tehnologie:

Scanned with OKEN Scanner

— pe suprafața curățată s-a sudat plasă de rabiț peste care s-a aplicat un strat de mortar cu monomer FA preparat cu nisip de andezit măcinat și pulbere de grafit, în grosime de 10—12 mm;

— peste stratul de mortar s-a executat zidăria de cărămidă antiacidă, folosindu-se ca material de legătură același tip de mortar. Suprafața totală a căptușelii astfel realizată a fost de 940 m²;

— mortarul a fost pregătit în malaxoare cu amestec forțat;

— după terminarea lucrărilor de căptușire, mortarul s-a întărit la 15—20°C timp de 15 zile, după care s-a dat în exploatare ridicîndu-se treptat temperatura în interval de circa 24 ore, pînă la temperatura de exploatare.

Observațiile efectuate timp de 9 luni au arătat că lucrările executate se comportă bine în exploatare, nesemnalîndu-se nici o deteriorare a căptușelilor.

c. *Elemente de tehnologie la prepararea și folosirea mortarelor și betoanelor cu monomer FA*

La folosirea mortarelor și betoanelor cu monomer FA, datorită diversității lucrărilor la care pot fi folosite, precum și diversitatea compozițiilor care pot fi alese în diferite scopuri și a factorilor ce influențează alegerea procesului tehnologic în condiții concrete, este necesar ca tehnologia de lucru să fie stabilită de la caz la caz, cel puțin pentru lucrările mai importante în perioada de introducere a noilor materiale în tehnica construcțiilor.

În prezenta lucrare se vor da cîteva indicații comune pentru diferite cazuri concrete, astfel:

— la lucrările mai importante în funcție de scopul urmărit este indicat ca rețelele de lucru să fie stabilite pe bază de încercări preliminare de laborator. Orientativ se dau mai jos unele compoziții recomandate [25] (tabelele III.10 și III.11).

Autorul [25] menționează că se pot folosi și alte compoziții, principiul de bază fiind acela al obținerii unui amestec cu densitate maximă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.10

Granulozitatea agregatelor minerale

Agregate minerale	Mărimea fracţiunii, mm	Conţinutul, % din greutate		
		pentru grunduri şi masticuri cu FA	pentru mortar cu FA	pentru beton cu FA
Măcinate fin	sub 0,15	30	25	—
Măcinate grosier	0,15—1,2	70	25	15
Nisipuri obişnuite	0,15—5,0	—	50	30
Piatră concasată	5—20	—	—	55

Tabela III.11

Compoziţii aproximative pentru masticuri, mortare şi betoane cu monomer FA

Componenţii	Conţinutul, în % din greutatea totală a amestecului		
	masticuri şi grunduri	mortare	betoane
Monomer FA	25—50	15—25	12—15
Întăritor acid benzen-sulfonic (inclusiv 10% acetonă)	5—10	5—8	3—5
Material de umplutură fin măcinat	50—70	30—40	20—30
Nisip obişnuit	—	40—50	20—30
Piatră concasată	—	—	30—40

I. M. Elsin [7] recomandă următoarele compoziţii:

mortare şi masticuri:
monomer FA 14—30%
acid benzen-sulfonic 3—12%
nisip + nisip măcinat 60—80%
betoane:
monomer FA 9—12%
acid benzen-sulfonic 2— 5%
nisip + nisip măcinat 35—45%
piatră spartă 40—50%

Încercările efectuate în ţara noastră au indicat ca fiind optime reţetele care prevăd 100—150 g monomer FA la un kilogram de agregat mineral (în funcţie de granulaţia

acestuia); un procent de 20—25% de acid benzen-sulfonic din greutatea monomerului FA (în funcție de temperatura de lucru) și raport F/FA = 1/6 — 1/8 [8, 13, 34].

Monomerul FA, întăritorul acestuia (acidul benzen-sulfonic) și dizolvantul întăritorului (furfurolul sau acetona) se aduc la locul de preparare a betonului sau mortarului în bidoane închise și în timpul lucrului se feresc de impurificări cu substanțe străine. Aceste materiale trebuie să corespundă condițiilor tehnice de calitate stabilite de M.I.Ch.

Agregatul mineral folosit la pregătirea mortarelor și betoanelor cu monomer FA trebuie să corespundă condițiilor de la pct. III.2.

Pentru amestecul componenților mortarelor și betoanelor cu monomer FA este indicată folosirea utilajelor cu amestec forțat (malaxoare sau betoniere) de capacitate redusă, maximum 100—150 l. Înainte de efectuarea primului amestec malaxorul sau betoniera se umezește ușor cu monomer FA.

Se recomandă două variante de lucru:

Conform primei variante: se introduce agregatul mineral (diversele fracțiuni) în malaxor sau betonieră (bine curățată anterior) și se amestecă pînă la obținerea unui amestec omogen de agregate, se introduce întăritorul (acidul benzen-sulfonic) dizolvat în acetonă sau furfurol și se amestecă pînă cînd agregatul capătă culoare uniformă, apoi se introduce monomerul FA și se amestecă din nou circa 4—5 min, astfel că amestecul proaspăt de mortar sau de beton să fie omogen ca aspect exterior și culoare.

Conform celei de a doua variante, în malaxor sau în betonieră se introduc agregatele care se amestecă bine, apoi se adaugă monomerul FA și se face amestecul liantului organic cu agregatul pînă la o bună omogenizare, după care se adaugă întăritorul dizolvat în furfurol sau acetonă și se face reamestecarea agregatelor cu liantul organic și cu întăritorul.

Procentul de întăritor din amestec se stabilește de la caz la caz în funcție de temperatura de lucru și timpul de lucru necesar pentru punerea în operă [25] (tabela III.12).

Întrucît amestecul de mortar sau de beton cu monomer FA polimerizează cu degajare de căldură, pentru a se evita încălzirea puternică a materialului gata preparat se recomandă ca materialul proaspăt să fie descărcat din utilajul

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.12

Durata aproximativă a timpului de priză la materialele cu monomer FA

Temperatura amestecului şi a locului de lucru, °C	Durata timpului de începere a prizei, în min, în funcţie de procentul de întăritor folosit			
	20	25	30	40
10	—	160	120	80
20	120	80	60	40
30	60	40	30	—
40	30	20	—	—

de amestecat în tăvi sau pe platforme în straturi de maximum 4—5 cm grosime. Nu este admisă descărcarea amestecului în recipiente adînci, sau în straturi groase pe platforme, deoarece se poate produce încălzirea puternică şi întărirea rapidă a acestuia, sau umflarea cu degajare de gaze, avînd ca rezultat rebutarea amestecului.

Se recomandă ca materialul proaspăt turnat să nu fie supus la acţiunea apei 28—30 zile, iar în cazuri deosebite cel puţin 72 ore.

Utilajele folosite se curăţă imediat după încetarea lucrului.

Proprietăţile superioare ale materialelor pe bază de monomer FA, permit folosirea raţională a acestora în următoarele domenii:

— sectorul construcţiilor hidrotehnice, pentru betoane impermeabile, cu caracteristici superioare de rezistenţă şi impermeabilitate, în zona variaţiei nivelului apelor la baraje (zona *A* v. fig. VII.11), deversoarele barajelor, distrugătorii de energie, pentru căptuşirea golirilor de fund ale barajelor şi în general în toate cazurile în care betonul obişnuit trebuie protejat de distrugeri cu caracter fizico-mecanic, sau de agenţi chimici agresivi;

— în lucrările de canalizare pentru confecţionarea de tuburi sau pentru căptuşirea tuburilor din beton în cazul în care apele reziduale au temperaturi ridicate, transportă materiale abrazive, sau agresive din punct de vedere chimic, înlocuindu-se astfel fonta şi alte materiale deficitare şi

cu un preț de cost ridicat, cît și pentru protecții superficiale la stațiile de epurare a apelor uzate;

— lucrări pentru transportul apei și lucrări de hidroameliorații — în toate cazurile în care betoanele obișnuite se deteriorează rapid;

— pentru confecționarea tuburilor de drenaj cu performanțe tehnice superioare;

— pentru confecționarea elementelor prefabricate subțiri necesitate de execuția a diverse elemente speciale;

— în sectorul construcțiilor miniere — la elemente prefabricate pentru cuvelaje miniere, pentru protecții superficiale (căptușeli) ale silozurilor și buncărelor de minereuri etc., înlocuind metalul și alte materiale deficitare;

— în sectorul construcțiilor civile și industriale, pentru pardoseli și protecții superficiale în laboratoare și secții ale întreprinderilor industriale cu medii corosive, pentru protecții superficiale la silozuri, buncăre, transportoare, rezervoare etc. și în toate cazurile unde sînt necesare materiale impermeabile cu mare rezistență la abraziune mecanică și medii corosive;

— pentru protecții anticorosive în construcțiile de întreprinderi noi, sau reparații în industria chimică, alimentară etc.;

— pentru protecția diverselor instalații și utilaje tehnologice împotriva coroziunii chimice, în diferite ramuri industriale etc.

3. MATERIALE PE BAZĂ DE COMPUȘI POLIESTERICI*)

Diferiți cercetători au efectuat studii ample asupra folosirii poliesterilor ca lianți organici, în vederea obținerii unor materiale de construcții cu proprietăți superioare materialelor clasice obișnuite [11, 14, 20, 21, 26] din următoarele motive:

— posedă caracteristici fizice, mecanice și rezistență la acțiuni chimice agresive superioare cimentului;

*) În literatură (lipsind o standardizare internațională), materiale pe bază de poliesteri se întîlnesc sub diverse denumiri ca: materiale cu rășini poliesterice, cu polimeri poliesterici, cu compuși macromoleculari poliesterici etc.

Scanned with OKEN Scanner

— au aderenţă bună la diferite materiale de construcţii între care oţel şi silicaţi (ciment, nisip, pietriş, sticlă etc.); unele date din literatura de specialitate [21], arată că amestecurile de poliesteri cu materiale de umplutură minerale, pot atinge rezistenţe la compresiune de 1 750 kgf/cm², la întindere axială de 400 kgf/cm² şi de circa 700 kgf/cm² la încovoiere;

— pot fi livraţi sub forma unor soluţii cu viscozitatea cerută de necesităţile practice (teoretic este posibil să se livreze soluţii cu viscozitate egală cu cea a apei);

— unele tipuri de poliesteri se întăresc la temperaturi normale şi chiar la temperaturi joase ale aerului, precum şi în aer cu umiditate atmosferică ridicată;

— se obţin din materii prime mai puţin deficitare, decît compuşii epoxidici şi au preţ de livrare de două-trei ori mai mic decît compuşii epoxidici etc.

Tipurile de poliesteri care fac obiectul studiilor în vederea folosirii ca lianţi organici pe baza considerentelor formulate anterior sînt de obicei poliesteri nesaturaţi, care polimerizează la temperaturi obişnuite, prin adăugarea unui iniţiator de reacţie (peroxid de benzoil, peroxid de metil-etil-cetonă etc.). Reacţia de polimerizare este grăbită prin adăugarea unui accelerator de întărire — naftenatul de cobalt — în procent de 0,5—1% din greutatea poliesterului folosit.

a. *Componenţii mortarelor şi betoanelor şi influenţa acestora asupra proprietăţilor finale ale materialului întărit*

Componentul principal al acestui tip de mortare şi betoane este *liantul organic* — compusul poliesteric, care prin natura proprietăţilor sale fizice, mecanice şi chimice, influenţează sensibil proprietăţile materialului întărit [20, 21, 22].

Iniţiatorul de reacţie şi *acceleratorul de întărire*, introduşi în amestecul proaspăt, în cantitatea stabilită ca fiind optimă pentru condiţiile concrete de lucru, contribuie la formarea produsului final, prin iniţierea reacţiei de polimerizare a liantului organic (compusului poliesteric) şi accelerarea întăririi mortarului sau betonului cu aceşti lianţi.

Scanned with OKEN Scanner

Agregatul mineral influențează sensibil asupra proprietăților produsului final și consumului de liant organic prin compoziția granulometrică, volumul de goluri din agregat, rezistența mecanică a rocilor din care provine și gradul de puritate. Agregatul folosit trebuie să nu conțină praf, argilă, să nu fie impurificat cu diferite uleiuri, sau reziduuri petroliere etc. De asemenea agregatul trebuie să fie foarte bine uscat, iar proporțiile între diferitele fracțiuni să fie riguros respectate.

b. *Proprietățile materialului proaspăt și întărit și factorii care le influențează*

Mortarele și betoanele proaspete se prezintă sub formă de amestecuri de consistență fluidă, plastică sau vîrtoasă, în funcție de raportul liant organic-agregat. Din considerente tehnico-economice se recomandă folosirea amestecurilor plastice sau vîrtoase, în funcție de condițiile reale de lucru, întrucît și în cazul acestui tip de mortare și betoane, sporul de liant organic peste dozajul optim stabilit pentru anumite condiții de lucru nu are ca efect îmbunătățirea caracteristicilor materialului întărit, ci conduce la risipă de materiale și ridicarea prețului de cost. Pentru exemplificarea celor de mai sus se menționează că s-au făcut încercări la care s-a păstrat agregatul și compoziția granulometrică constantă (fracțiunea 1—2,00 mm = 20,5%; 0,75—1,0 mm = = 8,5%; 0,2—0,75 mm = 58,5%; 0,01—0,2 mm = 2,6%; nisip cuarțos măcinat cu finețea sub 0,01 mm = 10%), același compus poliesteric nesaturat cu întărire la rece, ca liant organic și s-a variat procentul de liant din amestec, obținîndu-se rezultatele redate în tabela III.13, din care rezultă că deși procentul de liant organic a fost sporit de la 18% la 40% rezistența la compresiune a epruvetelor încercate la vîrsta de șapte zile a rămas constantă în condiții de lucru identice [20].

Asupra dimensiunii maxime a granulelor agregatului folosit la pregătirea acestui tip de mortare și betoane, datele încercărilor efectuate [20] arată că nu este întru totul corespunzătoare părerea că prin folosirea de agregate cu granulație mare se obțin efectele tehnico-economice maxime. Astfel rezistența maximă și rezultate reproductibile se obțin

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.13

Influența adaosului de compuși poliesterici asupra rezistenței la compresiune a epruvetelor confecționate cu aceeași rețetă de agregat în condiții identice de încercare

Liant organic, %	Rezistențe, kgf/cm²						
	Rezistențe parțiale						Media
18	1 020	1 088	1 052	1 002	1 072	1 048	1 047
22	988	1 036	1 050	1 048	1 060	1 038	1 037
26	988	1 024	1 008	1 042	1 060	1 038	1 027
30	1 024	1 092	1 080	1 112	1 096	1 100	1 084
35	1 020	1 048	1 036	988	1 004	1 040	1 023
40	1 056	1 000	1 048	1 076	1 060	1 042	1 047

în cazul folosirii de agregate fine, însă din cauza suprafeței specifice mari a agregatului fin, crește într-o anumită măsură consumul de liant organic. În cazul folosirii agregatelor cu granulație mare, consumul de liant organic este mai redus, însă de multe ori, cînd nu se iau măsuri pentru reducerea volumului de goluri din agregat la maximum (prin adăugarea de material de umplutură în cantitate suficientă) și nu se realizează o compactare foarte bună la turnarea amestecului proaspăt, se obțin materiale cu rezistențe mecanice mai reduse și permeabile, ceea ce reprezintă un mare dezavantaj în cazul folosirii mortarelor și betoanelor de acest tip ca materiale de protecție împotriva coroziunii chimice, sau pentru hidroizolații. În tabela III.14 sînt redate rezultatele încercărilor efectuate în condiții identice la vîrsta de 7 zile de la turnare, pe materiale la care s-a variat granulația agregatului din amestec, menținîndu-se constant procentul de liant organic la 25% din greutatea agregatului. Ca liant organic s-a folosit un compus poliesteric nesaturat cu un conținut de 32% stirol și întărire la temperatură obișnuită [20]. Datele din tabela III.14 arată că în condițiile menționate de încercare, rezistența materialului întărit la dozaj constant de liant organic, crește cu scăderea granulozității agregatului folosit.

Umiditatea agregatului influențează negativ asupra rezistențelor mecanice ale mortarelor și betoanelor cu compuși poliesterici, conducînd la micșorarea vitezei de întă-

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.14

Influența granulozității agregatului din amestec asupra rezistenței la compresiune a materialului întărit, la dozaj constant de liant organic de 25%

Granulozitatea agregatului folosit	Rezistența la compresiune, kgf/cm²						
	rezistențe parțiale						Media
Nisip 0,1—1,00 mm	760	792	730	732	780	786	764
Nisip 0,06—0,75mm	872	896	860	932	920	928	901
Nisip 0,06—0,30mm	1 076	988	1 056	1 076	1 054	1 064	1 052
Nisip cuarțos măcinat sub 0,01 mm	1 152	1 124	1 200	1 196	1 228	1 240	1 190

rire a materialului în timp și la scăderea accentuată a rezistențelor mecanice [23] (tabela III.15).

Tabela III.15

Influența umidității agregatului asupra rezistenței la compresiune a materialelor cu compuși poliesterici (dozaj de liant = 180 l compus PN-1 la metru cub; agregat comun și condiții identice de încercare)

Umiditatea agregatului folosit	Rezistența la compresiune, kgf/cm² la vîrsta de zile:				
	1	3	7	14	28
Agregat cu umiditate 3—4%	80	95	109	163	260
Agregat uscat la aer cu umiditate 0,2—0,5%	628	912	978	1 006	1 252
Agregat uscat în etuvă 3 ore la 110°C — umiditatea de 0,1%	—	984	1 050	1 160	1 255

În literatură [23] se menționează că epruvetele confecționate cu agregat cu 3—4% umiditate au o culoare deschisă, structura afînată și rezistențe mecanice reduse, datorită probabil următoarelor cauze:

— apa hidrolizează compusul poliesteric lichid folosit, influențînd negativ proprietățile acestuia;

Scanned with OKEN Scanner

— apa învelește cu o peliculă subțire suprafața granulelor de agregat, reducînd mult aderența în sistemul liant organic-agregat.

Datele din tabelă arată că pentru a se obține rezultate bune în cazul folosirii produsului PN-1 ca liant organic, este necesar ca agregatul să aibă umiditate sub 0,5%.

În studiile efectuate în U.R.S.S. [22, 23, 26] pentru obținerea de mortare și betoane s-au folosit următoarele materiale:

— compusul poliesteric PN-1 (VTU-33085 — 60 LSNH) soluție cu greutate specifică de 1,14 g/cm³ și un conținut în stirol de 31,5%;

— nisipul de rîu mic cu diametrul mediu al particulelor de 0,29 mm și nisip măcinat fin (suprafața specifică după măcinare 3 000 cm²/g) bine uscat;

— un inițiator de polimerizare a compusului poliesteric — hidroperoxidul de izopropil — benzol, denumit „Hiperiză" (TUBU-11-93), în proporție de 2% din greutatea liantului organic folosit în amestec;

— un accelerator de întărire a compusului poliesteric, soluție de naftenat de cobalt 8% (VTU-33104 - 60 LSNH) cu greutatea specifică de 0,905 g/cm³, în proporție de 8% din greutatea liantului organic folosit în amestec.

Pentru a se obține betoane de rezistență superioară cu un consum redus de liant, s-au determinat cantitățile de nisip de rîu și nisip măcinat, astfel ca amestecul să conducă la un volum minim de goluri între granule în stare îndesată și în stare afînată. Pe această bază s-a ales pentru lucru amestecul optim căruia i-a corespuns 1 530 kg nisip de rîu și 437 kg nisip măcinat la metru cub de beton care a avut 21,5% goluri în stare îndesată și 35,9% goluri în stare afînată.

În vederea alegerii dozajului optim de liant, ca și pentru a studia influența acestuia asupra proprietăților de bază ale betonului, s-au turnat patru rețete care sînt redate în tabela III.16.

Amestecul materialelor componente s-a făcut într-o vibromoară de tip M 10, iar compactarea epruvetelor turnate s-a făcut prin vibropresare (epruvetele au fost vibrate timp de 3 min pe o masă vibrantă cu amplitudinea oscilațiilor

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.16

Variația consumului de compus poliesteric în rețetele studiate

Componenții amestecului	Rețeta			
	I	II	III	IV
Nisip de rîu, kg/m³	1 530	1 530	1 530	1 530
Nisip măcinat fin, kg/m³	437	437	437	437
Compus PN-1, kg/m³	140	160	180	200
Soluție naftenat de cobalt 8%, kg/m³	11,2	12,8	14,4	16,0
Hiperiză, kg/m³	2,8	3,2	3,6	4,0

de 0,3 mm și cu frecvența de 2 800 rot/min și presate în același timp cu o sarcină suplimentară egală cu 1 kgf/cm²).

Amestecul proaspăt de beton confecționat după rețetele I și II a avut lucrabilitatea 0, amestecul III, lucrabilitatea 35 s și amestecul IV, lucrabilitatea 90 s — fiind prea plastic pentru turnarea prin procedeul vibropresării.

Încercările la compresiune s-au efectuat pe epruvete cubice de 4,0 × 4,0 × 4,0 cm, cele la întindere axială pe brichete în opt tip Fruhling - Michaelis; iar încercările la întindere din încovoiere s-au efectuat pe epruvete prismatice de 4,0 × 4,0 × 16 cm, păstrate pînă la data încercării în laborator la temperatura camerei (18—20°C).

Rezultatele obținute la încercările de compresiune, întindere axială și întindere din încovoiere sînt redate după V. S. Loghinov [22] în fig. III.11, III.12 și III.13, cu mențiunea că ultimele două încercări s-au efectuat numai pe epruvete confecționate conform rețetei III care a dat rezultatele cele mai bune la încercarea la compresiune.

Cu privire la rolul ultimilor doi componenți ai amestecului, se fac următoarele precizări:

— mărirea cantității de naftenat de cobalt din amestec duce la accelerarea întăririi betonului;

— conținutul optim al inițiatorului de consolidare (hiperiza) reprezintă 1,5—2% din greutatea compusului poliesteric, iar mărirea procentului de inițiator peste această valoare nu duce la accelerarea întăririi betonului.

Temperatura aerului în camera de păstrare a epruvetelor după confecționare are un rol deosebit ; la temperatura

de 20°C betonul atinge circa 60% din rezistenţa la 28 de zile, în a treia zi de la confecţionarea epruvetelor, în timp ce la 50°C acest procent al rezistenţei este atins în circa

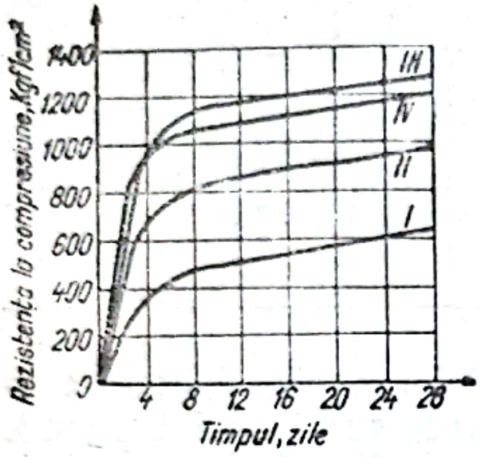


Fig. III.11. Creşterea rezistenţei la compresiune a betonului cu compus PN-1 (*I*, *II*, *III*, *IV* numărul reţetelor din tabela III.16).

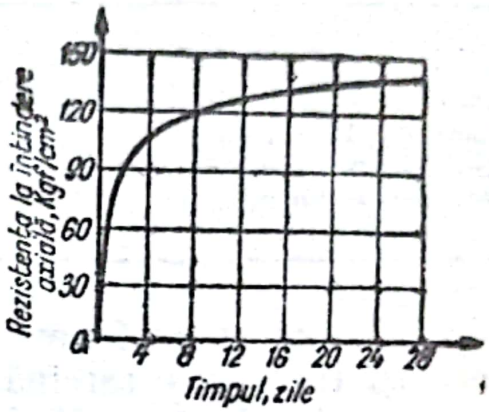


Fig. III.12. Creşterea rezistenţei la întindere axială a betonului cu PN-1 (reţeta *III*).

patru ore, iar la 100°C în circa două ore, fapt ce a dus la concluzia că noul material se comportă bine la tratament termic. Acest fapt este confirmat de cercetările ulterioare [23] ale căror rezultate sînt reprezentate grafic în fig. III.14.

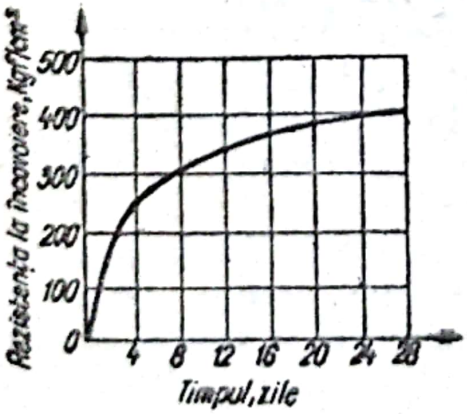


Fig. III.13. Creşterea rezistenţei la întindere din încovoiere a betonului cu compus PN-1 (reţeta *III*).

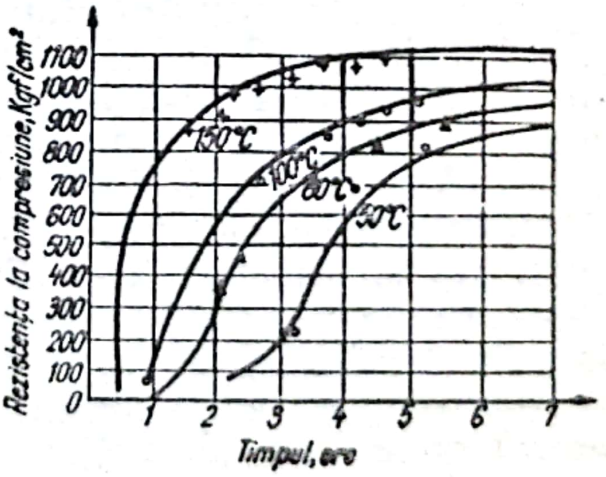


Fig. III.14. Întărirea betonului cu compuşi poliesterici la diferite temperaturi.

În tabela III.17 sînt redate caracteristicile acestui material în comparație cu betonul de marcă 300 confecționat cu ciment portland și cu betonul cu monomer FA [22, 23].

Tabela III.17

Caracteristicile betonului cu compuși poliesterici în comparație cu alte tipuri de beton

Caracteristici	Beton marca 300	Beton cu monomer FA	Beton cu compus PN-1
Greutatea volumetrică g/cm³	2,3—2,4	2,0—2,1	2,25—2,34
Rezistența la compresiune, kg/cm²	300	500—800	1 100—1 250
Rezistența la întindere axială, kgf/cm²	15—20	60—70	120—140
Rezistență la întindere din încovoiere, kgf/cm²	20—30	120—160	130—400
Rezistența specifică la șoc, kg · cm/cm²	1,5—2,0	2—3	18
Absorbție de apă în 24 ore în procente din greutate	4—6	0,01	0,03
Duritate Brinell	—	40—42	200—250
Aderență la metal, kgf/cm²	15—25	90—120	60—80
Modul de elasticitate *E*, kgf/cm²	340 000	200 000—250 000	250 000—350 000

Autorul [22] arată că materialul are bună rezistență la variațiile de temperatură, coeficientul de rezistență (al probelor la vîrsta de șapte zile supuse la 30 cicluri îngheț la —20°C și încălzire) a fost egal cu unitatea și că este impermeabil la apă și gaze.

Aderența mortarelor cu compuși poliesterici la suprafețe de mortar și beton uscate depășește rezistența materialului de bază, astfel că la diversele încercări ruperea are loc prin materialul de bază și nu prin rostul de lipire.

Aderența la suprafețe de mortar și beton umede este mai redusă însă în limite acceptabile pentru nevoile practice [1, 22, 26]. Aderența la suprafețe netede de metal depășește 70 kgf/cm² și crește cu procentul de liant organic din amestecul de mortar sau beton [22, 23].

Scanned with OKEN Scanner

Contracţia epruvetelor din mortar cu compus PN-1 (reţeta III — tabela III.16), păstrate în aer (temperatura camerei 18—22°C şi umiditatea relativă de circa 50%), creşte intens în primele două zile de la turnare şi atinge la vîrsta de 10 zile valori de 3—4 mm/m, după care creşterea contracţiei în timp încetează practic, astfel că la vîrsta de 90 zile s-au înregistrat valori medii ale contracţiei de circa 4 mm/m [23].

Materialele pe bază de compuşi poliesterici sînt rezistente la multe din soluţiile care distrug rapid betonul de ciment, iar în unele din soluţiile agresive rezistenţa materialului chiar creşte [11, 14, 21, 22, 26].

În tabela III.18 s-au redat agenţii chimici la care mortarul şi betonul cu compus PN-1 este rezistent [22].

Tabela III.18

Rezistenţa betonului cu compus PN-1 la diferiţi agenţi chimici

Mediul agresiv	Concentraţia mediului agresiv	Coeficientul de rezistenţă la compresiune după 30 zile	Concluzii
Acid sulfuric	48	1,08	Rezistent
Acid clorhidric	19,5	1,0	Rezistent
Acid azotic	34	0,83	Insuficient de rezistent
Acid azotic	10	0,99	Rezistent
Sodă caustică	5	0,60	Nu rezistă
Benzină etilată	—	1,05	Rezistent
Clorură de sodiu	saturată	0,96	Destul de rezistent

La imersarea în apă timp îndelungat a epruvetelor din mortare şi betoane cu compuşi poliesterici şi agregat cuarţos s-a constatat că în primele 10 zile scăderea rezistenţelor mecanice este neînsemnată, progresînd însă cu timpul se ajunge ca la 7—8 luni de la imersare rezistenţele mecanice să reprezinte valori mai reduse decît cele iniţiale cu 40—50%[23, 26]. La epruvetele în compoziţia cărora s-a introdus ca agregat (total sau parţial) grafitul măcinat nu s-au înregistrat scăderi de rezistenţă importante, iar în

cazul epruvetelor la confecționarea cărora s-a folosit numai grafit s-au înregistrat chiar creșteri de rezistență de 8—10% la imersarea în apă față de epruvetele păstrate în aer. Studiile pentru ameliorarea rezistenței la apă potabilă a materialelor pe bază de compuși poliesterici sînt în curs și indică de pe acum perspective favorabile [26].

Pe baza rezultatelor obținute în cercetările efectuate pînă în prezent, mortarele și betoanele cu compuși poliesterici se folosesc cu bune rezultate pentru execuția de îmbrăcăminți de protecție contra acizilor pe elemente de construcție din beton și metal și la instalațiile tehnologice, pentru protecția tuburilor de beton și metal folosite în execuția lucrărilor prin care se transportă lichide cu *p*H scăzut sau gaze, pentru protecția rezervoarelor de produse petroliere, la instalații de neutralizare a apelor acide, pardoseli antiacide, straturi de protecție și uzură la drumuri peste îmbrăcămințile de beton, ca și pentru reparații la lucrările de beton și beton armat ce au suferit deteriorări în exploatare [1, 14, 21, 22, 26].

c. *Elemente de tehnologie*

Compoziția mortarelor și betoanelor cu compuși poliesterici se determină pe bază de încercări avîndu-se în vedere ca rețeta aleasă să conducă la obținerea performanțelor tehnice maxime, cu un consum minim de liant organic. Procentul de agent de inițiere și accelerator de întărire se stabilește în funcție de temperatura de lucru, timpul de punere în operă necesar și considerentele privind creșterea rezistențelor în timp.

Tehnologia de execuție a lucrărilor se va stabili în funcție de condițiile concrete de execuție a fiecărei lucrări, avîndu-se în vedere următoarele:

— inițiatorul de polimerizare nu se amestecă separat cu acceleratorul pentru a se evita formarea unui amestec exploziv, ordinea indicată fiind următoarea: se omogenizează diversele fracțiuni de agregat uscate, se amestecă liantul organic cu inițiatorul de polimerizare, apoi se amestecă liantul cu acceleratorul și imediat cu agregatul [23];

— la aplicarea materialelor pe bază de compuși poliesterici pe diverse suprafețe (de mortar sau beton de ci-

Scanned with OKEN Scanner

ment, metal etc.) se va avea în vedere că pentru obținerea unei aderențe bune la suprafața suport este necesar ca aceasta să fie bine pregătită în prealabil (îndepărtîndu-se particulele slab aderente, praful, uleiurile, grăsimile, materialele bituminoase etc.) prin sablare sau decapare chimică;

— în cazul aplicării noilor materiale pe suprafețe de beton sau mortar cu porozitate mare, este necesar să se aplice un strat de legătură bogat în liant organic, preparat cu agregat fin, peste care se aplică stratul de mortar sau de beton preparat cu liant organic. În același mod se va proceda și în cazul lucrului cu mortare sau betoane cu liant organic de consistență vîrtoasă;

— amestecul mortarelor sau betoanelor poate fi preparat manual sau mecanic în utilaje cu amestec forțat, de capacitate redusă, avîndu-se întotdeauna în vedere realizarea unei bune omogenizări. Utilajele și uneltele folosite pentru amestecare, sau la punerea în operă, trebuie curățate la intervale scurte de timp cu solvenți adecvați (de exemplu uneltele se udă înainte de începerea lucrului și se curăță cu stirol), deoarece liantul, mortarul sau betonul, aderă puternic de uneltele și utilajele metalice sau de lemn. În viitor se pune problema confecționării de unelte și utilaje adecvate pentru lucrul cu noile materiale.

4. MATERIALE PE BAZĂ DE COMPUȘI EPOXIDICI*)

Folosirea compușilor epoxidici, în comparație cu alți compuși macromoleculari, a trecut în ultimii ani pe primul plan deoarece proprietățile superioare ale acestora (rezistențe mecanice, rezistențe la variații de temperatură și la acțiunile chimice agresive etc.) permit folosirea compușilor epoxidici în cele mai diferite scopuri.

O caracteristică importantă a compușilor epoxidici o constituie capacitatea excepțională de a adera la cele mai diferite materiale, lemn, piatră naturală, produse ceramice, beton, metal, sticlă etc. În cazul amestecului de tip beton

*) Materiale pe bază de compuși epoxidici sînt întîlnite în literatură sub denumirea de materiale cu rășini epoxidice, materiale cu polimeri epoxidici, cu compuși macromoleculari epoxidici etc.

Scanned with OKEN Scanner

(compus epoxidic și agregat mineral) întărit, încercările au dovedit că aderența la agregatul mineral este foarte bună, încît ruperea epruvetelor se produce prin granulele de agregat și nu la limita liant-granulă de agregat, cum se întîmplă la încercarea betonului cu ciment. În cazul acestui tip de beton, pentru a folosi rațional proprietățile superioare ale liantului organic, sînt necesare numai agregate cu caracteristici mecanice superioare.

Materialele pe bază de compuși epoxidici au stabilitate mai bună la apă decît cele obținute pe baza altor tipuri de compuși macromoleculari.

În ultimii ani se produc și se livrează, pentru folosințe practice, diferite tipuri de adezivi epoxidici, insensibili la umiditate, care aderă la beton cu orice grad de umiditate (chiar și la betonul aflat sub apă), proprietate deosebit de importantă în construcțiile hidrotehnice și în cazul lucrărilor speciale.

Compușii epoxidici se livrează cu diferite grade de vîscozitate, în funcție de necesitățile practice, iar amestecurile cu diferite agregate conduc la obținerea unor materiale cu contracție practic nulă, ceea ce permite folosirea acestora în straturi groase, fără să necesite măsuri deosebite de prevedere.

În sectorul construcțiilor se folosesc compușii epoxidici cu întărire la temperatura obișnuită, — sub acțiunea unui întăritor. Amestecul cu întăritorul se face la locul de lucru. Din diversitatea mare de produse pe bază de compuși epoxidici, livrați de industria chimică sub diferite denumiri comerciale, pentru folosirea ca lianți organici sînt indicate tipurile cu viscozitate mică, deoarece pot fi folosite în procente reduse la confecționarea de mortare și betoane, oferind astfel posibilitatea de a obține materiale de construcții cu proprietăți superioare la un consum redus de liant organic. În cazul în care viscozitatea compusului epoxidic nu corespunde cerințelor practicii, ea poate fi micșorată prin adaosuri de solvenți volatili, plastifianți sau diluanți reactivi; în acest caz este necesară consultarea unui laborator de specialitate pentru a se stabili precis procentul de adaos și influența adaosului asupra proprietăților fizice, mecanice și chimice ale produsului respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

Întărirea materialelor pe bază de compuşi epoxidici la temperatura obişnuită sub acţiunea unui întăritor decurge normal la temperaturi de minimum 12—15°C şi este accelerată cu creşterea temperaturii.

Principalul dezavantaj al folosirii compuşilor epoxidici în perioada actuală, este preţul de livrare ridicat, astfel că folosirea acestora trebuie să se facă cu discernămînt [1, 3, 6, 14, 18, 29, 36, 37].

a. *Componenţii mortarelor şi betoanelor cu compuşi epoxidici*

Liantul organic — compusul epoxidic şi întăritorul său — constituie componentul principal al acestui tip de mortare şi betoane şi influenţează proprietăţile mortarului sau betonului întărit, prin proprietăţile de liant, viscozitatea, timpul de priză şi întărire, sensibilitatea la variaţii de temperatură şi umezeală în timpul prizei şi întăririi etc.

Agregatul (numit în literatura tehnică şi material de umplutură) influenţează proprietăţile mortarului sau betonului întărit prin natura şi proprietăţile sale (exemplu corundul conferă materialului întărit rezistenţă foarte mare la abraziune mecanică). Folosirea nisipurilor cuarţoase sau a cuarţului măcinat (făina de cuarţ) ca agregat conduce de asemenea la obţinerea de rezultate foarte bune pentru nevoile practice şi avînd preţul de cost de circa 10 ori mai redus în comparaţie cu corundul, în literatura tehnică se recomandă în aproape toate cazurile folosirea agregatului cuarţos [2, 5, 10, 16, 29]. Pe baza altor studii [36] rezultă că la prepararea mortarelor şi betoanelor cu compuşi epoxidici se poate folosi cu rezultate bune ca agregat şi andezitul măcinat.

b. *Proprietăţile mortarelor şi betoanelor cu compuşi epoxidici şi factorii care le influenţează*

Proprietăţile mortarelor şi betoanelor cu compuşi epoxidici sînt influenţate de foarte mulţi factori dintre care: tipul compusului şi întăritorului folosit, viscozitatea compusului, temperatura şi umiditatea mediului în perioada

de preparare și întărire, tipul agregatului și compoziția acestuia pe fracțiuni, raportul liant organic — agregat, modul de compactare a amestecului proaspăt etc.

Consumul de liant organic în această grupă de materiale variază în funcție de scopul urmărit și compoziția agregatului în limite destul de largi, de la 2% la 20% [10, 29]. În tabela III.19 s-au redat rezultatele încercărilor privind influența dozajului de liant organic asupra rezistențelor mecanice ale mortarelor și betoanelor fine cu compuși epoxidici [29].

Tabela III.19

Influența dozajului de liant asupra rezistențelor mecanice ale mortarelor și betoanelor fine (liant organic — compus epoxidic de tip BN-710 — 66,7% + întăritorul poliamidă Genamid-250—33,3%), cu agregat cuarțos cu aceeași compoziție (nisip 0,1—0,3 mm = 50%; nisip 1,0—2,0 mm = 50%)

Liantul organic în % din greutatea amestecului	Rezistența mecanică la 24 ore de la preparare, kgf/cm²	
	Compresiune	Intindere din încovoiere
2	63	32
3	144	48
4	223	75
5	250	115
6	387	194
8	509	246
10	872	306
13	937	310
15	910	314
20	790	258

Rezultatele din tabela III.19 sînt confirmate de studiile efectuate și de alți cercetători [5, 6, 28] care au folosit diferite tipuri de compuși epoxidici ca liant organic și diferite compoziții de agregat cuarțos. Astfel R. Buhrer [5] folosind ca agregat nisipul de Rin cu compoziția arătată în tabela III.20 și ca liant organic două tipuri de compuși epoxidici, notați convențional *A* și *B*, a obținut rezultatele reprezentate grafic în fig. III.15 *a*, *b* și *c*.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.20

Compoziţia granulometrică a nisipului de Rin folosit la încercări (DIN 1045/1962)

Fracţiunea mm	Fracţiunea 0—3 mm, %	Fracţiunea 0—7 mm, %
0 —0,2	15	10
0,2—1,0	35	20
1,0—3,0	50	35
3,0—7,0	—	35

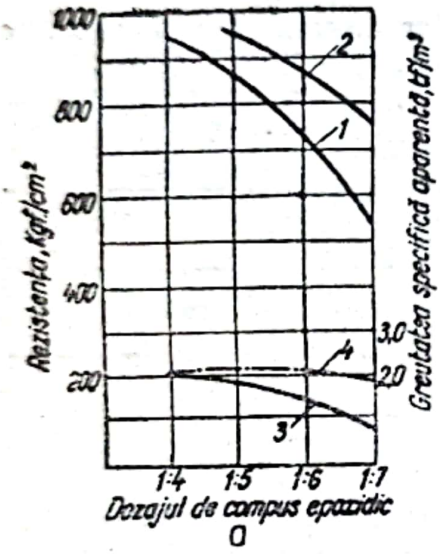
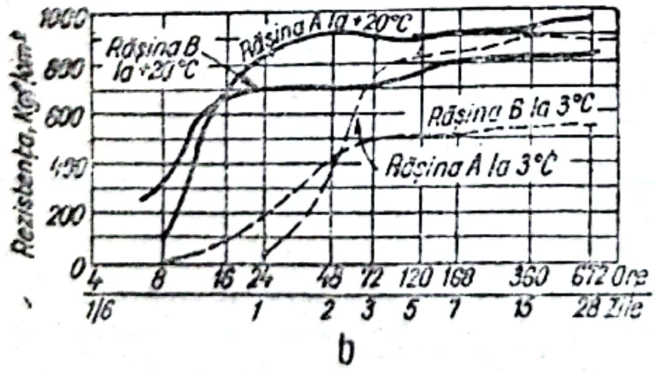


Fig. III.15. Variaţia proprietăţilor betonului cu compus epoxidic A şi nisip de Rin:

a — greutatea specifică şi rezistenţa; *b* — întărirea mortarelor cu compuşi epoxidici şi nisip de rîu 0—3 mm; R_c stabilită pe cuburi de 10 × 10 × 10 cm dozaj 1 : 5; *c* — variaţia modulului de elasticitate stabilit pe epruvete cilindrice cu Ø = 15 cm şi h = 30 cm; *1* — rezistenţa la compresiune la vîrsta de 3 zile cu nisip de 0—3 mm (cuburi de 10×10×10 cm); *2* — idem cu nisip 0—7 mm; *3* — rezistenţa la întindere din încovoiere la vîrsta de 3 zile (prisme de 4×4×16 cm); *4* — variaţia greutăţii specifice aparente pentru betonul cu nisip 0—3 mm.



În fig. III.16 sînt reprezentate grafic [6] rezultatele încercărilor la compresiune a mortarelor cu nisip silicios fin întărite la circa 20°C în funcţie de dozajul de liant (compus epoxidic sovietic ED-6 şi întăritor polietilen-poliamină).

Datele din tabela III.19 și fig. III.16 și III.17 arată că pentru fiecare compoziție de agregat și tip de compus epoxidic folosit, rezistențele mecanice cresc cu dozajul pînă la atingerea dozajului optim de liant organic (exemplu 10—12% în cazul compusului epoxidic BN-710 întărit cu poliamidă;

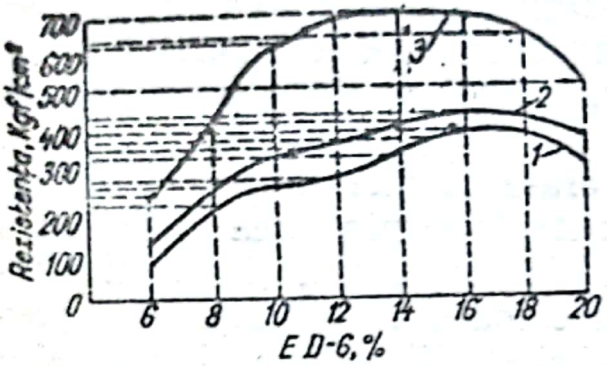


Fig. III.16. Creșterea rezistenței mortarului cu compus epoxidic ED-6:
1 — creșterea rezistenței la o zi; *2* — la 7 zile; *3* — la 14 zile.

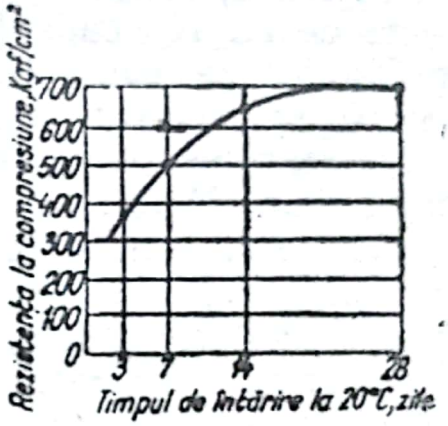


Fig. III.17. Creșterea rezistenței la compresiune a mortarului cu compus epoxidic ED-6 și monomer FA.

11—13% în cazul compusului epoxidic ED-6 întărit cu polietilenpoliamină etc.), peste care sporirea dozajului are ca rezultat obținerea de rezistențe mecanice mai slabe. Rezultatele încercărilor reprezentate grafic în fig. III.15, *b* arată influență negativă a temperaturilor joase asupra creșterii rezistenței la compresiune a betonului cu compuși epoxidici. După datele lui S. Kranz [20] întărirea mortarelor și betoanelor cu compuși epoxidici la temperaturi joase influențează negativ și alte proprietăți ale betonului întărit, precum rezistența la abraziune mecanică și absorbția de apă etc. Datele din literatură ca și rezultatele reprezentate grafic în fig. III.15, *a* indică o creștere a rezistențelor mecanice cu creșterea granulației maxime a agregatului folosit și posibilitatea reducerii în anumite limite a dozajului de liant prin folosirea de agregate cu granulație mare [3, 5, 6, 10, 29]. Însă trebuie observat că și în cazul acestor mortare și betoane, dimensiunea maximă a agregatului folosit este legată de grosimea elementului sau a stratului de protecție la care aceste materiale sînt folosite, recomandîndu-se ca raportul între grosimea elementului de construcție și dimensiunea

maximă a agregatului să nu depășească 0,4—0,5 [10]. În prezent se folosesc în special mortare și betoane cu agregat fin, deoarece direcțiile principale de folosire în practică sînt acelea pentru realizarea straturilor de protecție cu grosimi de 0,5 ... 1,5 cm.

În tabela III.21 sînt redate rezultatele încercărilor efectuate de H. Niemann [29] pentru determinarea rezistenței mortarelor cu compuși epoxidici la păstrarea în diverse soluții agresive timp îndelungat (epruvetele supuse încercărilor s-au confecționat pe baza rețetei cu 10% liant organic din tabela III.19).

Datele din tabela III.21 arată că mortarele și betoanele cu compuși epoxidici sînt rezistente la păstrarea îndelungată în apă, motorină, benzină, aicizi anorganici și soluții alcaline, avînd rezistență satisfăcătoare la acțiunea nu prea îndelungată a acizilor organici și alcaliilor, în schimb nu sînt rezistente la acțiunea benzenului.

Încercările efectuate la Institutul Ghidropoiect U.R.S.S. au arătat că mortarele și betoanele pe bază de compuși epoxidici cu compoziție judicios aleasă sînt impermeabile la presiuni mari de apă și rezistente la acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț repetat, chiar în cazul încercării la peste 500 cicluri îngheț-dezgheț [32].

Aderența mortarelor și betoanelor cu compuși epoxidici la suprafețe de mortar și beton uscat, este, în toate cazurile, superioară rezistenței materialului de bază (mortarul sau betonul de ciment); unele tipuri de compuși epoxidici au aderență bună și pe betonul umed, aderînd pe beton chiar și sub apă. De asemenea aderența compușilor epoxidici la oțel, aluminiu, alamă etc. este superioară tuturor celorlalte tipuri de compuși macromoleculari folosiți în prezent ca adezivi (v. cap. IV).

Durabilitatea în timp a materialelor pe bază de compuși epoxidici este apreciată ca fiind bună, atît pe baza încercărilor de laborator, cît și pe baza observațiilor asupra comportării acestor materiale în practică în diferite lucrări în ultimii 10 ani.

Rezistența compușilor epoxidici armați cu fibre de sticlă (sticloplast), în ce privește rezistențele mecanice este de același ordin de mărime cu rezistența oțelurilor, fiind superioară altor compuși armați cu fibre de sticlă [32] tabela III.22, însă în ce privește rezistența la abraziune și coroziune chimică,

Scanned with OKEN Scanner

Tabela III.21

Rezultatele încercărilor la compresiune pe epruvete de beton cu compuși epoxidici, păstrate 3—90 zile în diferite soluții chimice agresive

Durata de păstrare a epruvetelor	3 zile		7 zile		28 zile		90 zile		Observații
	—	%	—	%	—	%	—	%	
Valoarea de referință	830	100	890	100	900	100	976	100	Valorile sînt exprimate prin rezistența la compresiune, kgf/cm², iar rezultatele procentuale reprezintă rezistența raportată la o îmbătrînire naturală de 100%.
Apă potabilă	820	99	835	94	803	89	841	87	
Acid sulfuric 5%	810	98	820	92	689	62	691	71	
Acid sulfuric 30%	765	92	852	96	881	98	955	98	
Acid clorhidric 10%	765	92	816	92	755	84	—	—	
Acid clorhidric concentrat	812	98	818	92	712	79	—	—	
Acid azotic 10%	730	88	810	91	803	89	—	—	
Soluție de hidroxid de sodiu 5%	660	80	615	69	471	52	448	46	
Idem 15%	818	99	932	105	896	100	946	97	
Soluție de amoniac 25%	771	93	810	91	812	90	—	—	
Soluție de azotit de sodiu	755	91	828	93	873	97	—	—	
Acid lactic	730	88	742	83	384	48	374	38	
Acid oxalic	745	90	845	95	—	—	—	—	
Alcool etilic	640	77	636	72	490	55	347	36	
Soluții de formaldehidă 40%	—	—	810	91	816	91	—	—	
Benzen	330	40	56	6	93	10	0	0	
Benzină	810	98	805	90	854	95	908	93	
Motorină	840	101	880	98	841	94	951	98	

Scanned with OKEN Scanner

este superioară oţelurilor de calitate, iar greutatea specifică a acestora este de ordinul a 22—25% din cea a oţelului.

Tabela III.22

Rezistenţa materialelor pe bază de compuşi macromoleculari armate cu fibre de sticlă

Compusul macromolecular folosit pentru obţinerea sticloplastului	Greutatea specifică gf/cm³	Rezistenţa, kgf/cm²		
		Compresiune	Întindere axială	Încovoiere
Fenol-formaldehidă	1,8	3 000	2 800	3 900
Epoxi	1,9	3 800	3 900	5 000
Poliesteri	1,85	800—3 200	1 800—3 500	2 100—3 500
Siliconi	1,95	2 300	2 500	2 500

Direcţiile de utilizare a materialelor pe bază de compuşi epoxidici în construcţiile hidrotehnice şi lucrările speciale sînt limitate în prezent în special de considerente economice (aceste materiale au şi preţul de cost cel mai ridicat în comparaţie cu cele pe baza altor compuşi macromoleculari), însă chiar în condiţiile actuale aceste materiale pot fi folosite în condiţii tehnico-economice avantajoase în următoarele direcţii:

— protecţii superficiale în construcţii hidrotehnice, drumuri şi instalaţii tehnologice (materiale impermeabile, cu mare rezistenţă la uzură şi diverse tipuri de atac chimic agresiv etc.);

— monolitizarea prefabricatelor, rosturi şi reparaţii;

— ancorarea de piese metalice pe beton, sau în beton;

— materiale de protecţie anticorosivă etc.;

— materiale armate cu fibre de sticlă pot fi folosite cu bune rezultate în locul metalului şi în special acolo unde se folosesc în prezent metale speciale etc.

Tehnologia de lucru cu materiale pe bază de compuşi epoxidici se prescrie de la caz la caz în funcţie de tipul compusului epoxidic şi lucrarea la care acesta se foloseşte cu stricta respectare a normelor de tehnica securităţii muncii.

Scanned with OKEN Scanner

5. MATERIALE PE BAZA DE COMPUȘI FENOL-FORMALDEHIDICI

Compușii fenol-formaldehidici în stadiul de rezol sînt lichide cu diferite grade de vîscozitate, care se pot întări la temperaturi obișnuite sub acțiunea unor agenți întăritori. Compușii fenol-formaldehidici (în stadiul de rezol) au proprietatea de a lega cele mai diferite materiale — fibre organice și anorganice, materiale granulare — nisipuri cuarțoase, praf de cărbune etc., ceea ce permite obținerea unei game foarte largi de materiale (chituri și masticuri, mortare și betoane) cu proprietăți fizico-mecanice diferite și bună rezistență la agenți chimici agresivi. Proprietățile mortarelor și betoanelor cu compuși fenol-formaldehidici sînt în prezent mai puțin studiate. Pe baza datelor de care se dispune, rezistențele finale ale acestor materiale sînt influențate de raportul liant-agregat, tipul agregatului și caracteristicile acestuia, temperatura și umiditatea mediului în timpul preparării și în intervalul confecționare-încercare etc. În tabela III. 23 sînt redate caracteristicile acestor materiale în raport cu betonul de ciment.

Tabela III.23

Caracteristicile mortarelor și betoanelor cu compuși fenolformaldehidici (F F) la vîrsta de 28 zile — întărite în aer cu temperatura de 18—22°C

Indici determinați	Mortare și betoane pe bază de:		
	Compuși FF cu nisip de cuarț	Compuși FF cu cărbune măcinat	Beton de ciment marca 300
Rezistențe mecanice, kgf/cm²			
Compresiune	300—500	600—800	300
Întindere axială	35—50	60—100	15—30
Încovoiere	80—150	250—300	35—50
Rezistență la)*			
Acizi neoxidanți	8—9	10	1
Acizi oxidanți	4—5	4	1
Alcalii	5—8	5—8	9
Săruri	10	10	5
Solvenți	7	8	8
Uzură mecanică	7—8	7—8	3—5

*) Apreciat după scara zecimală

Aderenţa mortarelor şi betoanelor cu compuşi fenolformaldehidici la suprafeţe de mortare şi betoane uscate şi la metal atinge indici destul de ridicaţi. Materialele pe bază de compuşi fenolformaldehidici sînt folosite cu bune rezultate ca materiale de protecţie anticorosivă şi avînd în vedere producţia de masă pe care o au compuşii fenol-formaldehidici, (în ţara noastră se produc pe scară industrială la Combinatul Chimic Făgăraş), se apreciază că în anii următori, folosirea acestor materiale în construcţii se va extinde cuprinzînd mai multe domenii.

6. MATERIALE PE BAZĂ DE COMBINAŢII ALE LIANŢILOR ORGANICI

Pornind de la ideea că prin amestecul în diferite proporţii sau prin compoundarea a două tipuri de compuşi macromoleculari, în anumite condiţii se pot obţine materiale cu proprietăţi superioare şi preţ de cost mai scăzut, s-au obţinut materiale pe bază de monomer FA şi compuşi fenol-formaldehidici; materiale pe bază de compuşi epoxidici şi monomer FA etc. În tabela III.24 se dau unele din rezultatele obţinute la încercările mortarelor cu compuşi epoxidici ED-6 şi monomer FA [38] în următoarele compoziţii: I — Compus ED-6 = 150 g; monomer FA = 100 g; hexametilendiamină = 30 g; nisip cuarţos = 1,00 kg; II — liantul organic şi întăritorul ca la I; nisip cuarţos măcinat 240 g; nisip cuarţos = 760 g.

Tabela III.24

Rezistenţa mortarelor cu compus ED-6 şi monomer FA

Compoziţia	Regimul de întărire	Rezistenţe mecanice, kgf/cm²		
		Compresiune	Întindere axială	Încovoiere
I	28 zile la 20±2°C	750	98	280
I II	8 ore la 80°C 14 zile la 20±2°C	835 950	112 104	284 269

Creşterea rezistenţei la compresiune a mortarului cu compoziţia I la întărirea 28 zile în aer la temperatura de 20 ± 2°C este reprezentată grafic în fig. III.17.

BIBLIOGRAFIE

1. Albrecht, N. În: Strassen und Tiefbau, nr. 5, 1962, p. 484.
2. Banman, W. E. şi alţii. În: Journal of the American Concret, martie, 1963, p. 2015.
3. Buher, R. În: Betonstein Zeitung, nr. 2, 1963, p. 79.
4. Buser, K. În: Baustoffindustrie, nr. 12, 1963, p. 362.
5. Buhrer, R., Eisenman, J. În: Beton und Stahlbeton, nr. 9, 1963, p. 210.
6. Elenovici, S. A. şi Masin, P. K. În: Plasticeskie Massî, nr. 10, 1963, p. 61.
7. Elsin, M. I. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1965, p. 19.
8. Enculescu M. şi Ionescu, I. În: Materiale plastice, nr. 2, 1964, p. 98 şi Comunicări la seziunea de Comunicări Ştiinţifice I.S.C.H. Bucureşti, mai, 1964.
9. Fadeev, P. M. şi alţii. În: Plasticeskie Massî, nr. 7, 1964, p. 19.
10. Gugel, W. În: Zentralblatt für Industriebau, nr. 9, 1961, p. 487.
11. Ionescu, I. În: Hidrotehnica, nr. 5, 1963, p. 183.
12. Ionescu I. şi Enculescu, M. În: Hidrotehnica, nr. 11, 1963, p. 420.
13. Ionescu I. şi Enculescu, M. În: Hidrotehnica, Gospodărirea Apelor şi Metrologia, nr. 6—7, 1964, p. 352.
14. Ionescu, I. şi Enculescu, M. *Întrebuinţarea maselor plastice pentru impermeabilizarea şi potecţia anticorosivă a construcţiilor hidrotehnice*, I.S.C.H., Bucureşti, 1964.
15. Ivanov, M. A. şi Zalan, M. L. În: Beton i jelezobeton, nr. 12, 1964, p. 544.
16. * * * — *Îndrumător pentru folosirea amestecului Epoxi la beton* (Comitetul 403 al A.C.L.) În: Journal of the American Concret sept., 1962, p. 1121.
17. Itinski, V. I. În: Plasticeskie Massî, nr. 9, 1962, p. 66.
18. James, G. J. În: Roads and Road Construction, nr. 483, 1963, p. 236.
19. Jecjic, D. Buletin Rilem, nr. 18, 1963, p. 87.
20. Kranz, S. În: Strassen und Tiefbau, nr. 12, 1962, p. 1197.
21. Lawrence, J. *Răşinile poliesterice*. Reinhold Publishing Corporation, New-York, 1961.
22. Loghinov, S. V. şi alţii. În: Beton i jelezobeton, nr. 1, 1963, p. 27.
23. Loghinov, S. V. şi alţii. În: Beton i jelezobeton, nr. 5, 1964, p. 199
24. Minchevici, J. B. şi Fediaci, N. V. În: Ghidrotehnica i Melioraţia, nr. 7, 1961, p. 35.

Scanned with OKEN Scanner

25. Moscianski, N. A. *Faizol*, Moscova, Gosstroizdat, 1961.
26. Mosciansk i, N. A. şi alţii. În: Beton i jelezobeton, nr. 1 1963, p. 25.
27. Mosciansk i, N. A. şi Uvarova, Ju. B. În: Plasticeskie Massî, nr. 2, 1965, p. 37.
28. Nicolau, E. În: Studii şi Cercetări de Mecanică Aplicată, nr. 4, 1963, p. 885.
29. Niemann, H. În: Kunststoffe, nr. 7, 1961, p. 400.
30. Nicolaev, N. A. În: Plasticeskie Massîi, nr. 1, 1960, p. 49.
31. Oster, Volkov, N. N. şi alţii. În: Plasticeskie Massî, nr. 61, 1964, p. 60
32. Psentin, A. P. şi Igonin, A. L. În: Ghidrotehniceskoe Stroitelstvo, nr. 12, 1963, p. 3.
33. Subenkin, F. P. şi Martincik, V. A. În: Beton i jelezobeton, nr. 3, 1964, p. 117.
34. Teodorescu, D. şi alţii. În: Rev. Construcţiilor şi a Materialelor de Construcţii, nr. 6, 1964, p. 315.
35. Tolcikov, M. S. În: Ghidrotehnica i Melioraţia, nr. 2, 1962, p. 10.
36. Trietsch, F. K. În: Strassen und Tiefbau, nr. 9, 1964, p. 927.
37. Topciaşvili, N. M. şi Kikvilasvili, M. G. În: Beton i jelezobeton, nr. 7, 1964, p. 334.
38. Voskresenskii, V. A. şi Sokolova, A. Iu. În: Beton i jelezobeton, nr. 12, 1964, p. 541.
39. Welch, G. B. şi alţii În: Civil engineering and public Works Review, nr. 672, 1962, p. 905.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IV

ADEZIVI ȘI CHITURI PENTRU ROSTURI, MONOLITIZAREA PREFABRICATELOR ȘI REPARAREA SUPRAFEȚELOR ȘI A ELEMENTELOR DE BETON

1. ROSTURI ÎN CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE ȘI LUCRĂRI SPECIALE

În concepția de proiectare și tehnologia execuției construcțiilor hidrotehnice, a lucrărilor de drumuri și a altor categorii de lucrări s-au înregistrat progrese remarcabile. Practica de execuție a acestor lucrări implică rezolvarea unor serii de probleme de ordin tehnic sau constructiv, la nivelul dezvoltării actuale a industriei materialelor de construcții, a industriei chimice etc. Rosturile și tratarea lor reprezintă una dintre aceste probleme.

Rolul îndeplinit de rosturi în construcțiile hidrotehnice poate fi evidențiat prin următoarele aspecte caracteristice:

— preluarea deformațiilor din contracția betonului și variațiile de temperatură în perioada de construcție;

— asigurarea deformațiilor libere a construcției în timpul exploatării, ca urmare a influenței contracției betonului, variațiilor de temperatură, tasărilor inegale, solicitărilor și deplasărilor diferențiale ale elementelor de construcții etc.

După funcția pe care o îndeplinesc în construcțiile hidrotehnice, rosturile pot fi împărțite în trei categorii:

— rosturi de lucru (de turnare);

— rosturi de contracție și dilatare;

— rosturi de tasare.

În cazul rosturilor de turnare, modul actual de tratare implică unele inconveniente în ce privește legătura beto-

nului nou cu betonul vechi şi, cu toate măsurile de prevedere care se recomandă în astfel de cazuri, este practic imposibil să se evite fisurile în betonul de umplere a rosturilor. În acest caz, folosirea betonului sau mortarului cu compuşi macromoleculari pentru închiderea integrală a rostului sau a unui adeziv adecvat pentru asigurarea legăturii între betonul vechi şi betonul proaspăt turnat elimină inconvenientele legate de fisurarea betonului la limita celor două straturi. În cazul folosirii betonului sau mortarului cu compuşi macromoleculari pentru închiderea rosturilor se recomandă reducerea dimensiunilor rosturilor la minimum posibil pentru economisirea materialului de umplere a rostului, avîndu-se în vedere preţul mai ridicat al materialelor pe bază de compuşi macromoleculari (fig. IV.1, *a* şi IV.1, *b* şi *c*).

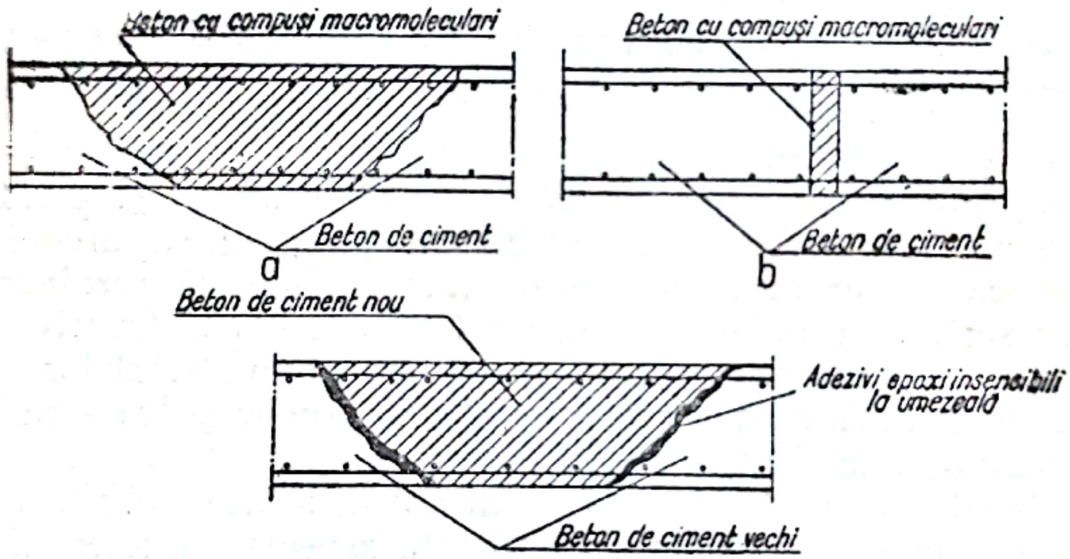


Fig. IV.1. Tratarea rosturilor de turnare cu beton cu compuşi macromoleculari şi adezivi epoxidici rezistenţi la umezeală.

La folosirea mortarului sau betonului cu compuşi macromoleculari pentru închiderea rosturilor de turnare, sau în cazul folosirii unui adeziv rezistent la umezeală ca material de legătură între betonul de ciment turnat anterior şi cel proaspăt turnat (fig. IV.1, *c*), se va acorda o atenţie deosebită curăţirii prafului şi impurităţilor de pe suprafaţa betonului vechi, condiţie absolut necesară realizării unei lucrări de calitate. Condiţiile pe care trebuie să le satisfacă un material pentru tratarea rosturilor (mortar sau beton cu

compuși macromoleculari, sau adezivul de legătură între betonul vechi și nou) sînt următoarele:

— să aibă aderență bună la betonul vechi (independent de gradul de umiditate al acestuia), astfel încît ruperea să se producă întotdeauna prin stratul de beton vechi și nu în zona de contact sau prin materialul de închidere a rostului;

— să aibă aderență mare la armătură pentru o bună repartizare a eforturilor și a eventualelor fisuri în cazul rosturilor de lățime mare;

— să aibă rezistență la întindere și încovoiere mai mare decît betonul de ciment din lucrare, să fie impermeabil și stabil la acțiunea apei timp îndelungat etc.

Eficiența și necesitatea rosturilor de contracție și dilatare în construcțiile de beton este cu atît mai mare cu cît procentul de armare este mai redus, întrucît utilizarea unor procente de armare ridicate care să împiedice fisurarea betonului sau să asigure ca fisurile să rămînă sub limitele admise contravine principiilor tehnico-economice și deci se impune studierea atentă a modului de realizare a rosturilor și repartiția acestora în funcție de tipul construcției și modul de solicitare.

Pentru impermeabilizarea rosturilor, pînă în prezent se folosesc de obicei diverse compoziții pe bază de bitum, foliile metalice (cuprul și aliajele sale și în unele cazuri, oțelurile inoxidabile sau zincate), cimentul portland obișnuit și cimentul expansiv, lemnul etc., fiecare dintre aceste materiale prezentînd avantaje și dezavantaje de ordin tehnic și economic, precum:

— în cazul impermeabilizărilor cu compoziții pe bază de bitum, siguranța și durata în exploatare sînt în funcție de ecartul și regimul temperaturilor în care se exploatează construcția;

— foliile metalice au flexibilitate insuficientă, ceea ce nu asigură deformația elastică pe trei direcții, fără deteriorări care să afecteze impermeabilitatea rostului; proces de execuție complicat pentru realizarea profilului; existența posibilității de formare a unor fisuri din contracție și variația de temperatură la suprafața de contact cu profilul metalic; obligativitatea de a se asigura etanșarea rostului cu două, trei materiale și de aici greutățile inerente în exploatare și execuție etc. Din această cauză, specialiștii în

construcții hidrotehnice au trebuit să caute și alte rezolvări, dintre care se menționează folosirea diferitelor cleiuri, chituri și masticuri pe bază de compuși macromoleculari și a benzilor de cauciuc, PVC etc. (v. cap. VII; VIII și IX), care pot prelua deformații mult mai mari decît benzile metalice, pot fi aplicate mai ușor și mai sigur pe beton, aderența la beton, capacitatea de deformație și proprietățile de rezistență nefiind influențate sensibil ca în cazul bitumurilor de variațiile normale de temperatură din exploatare etc.

Rosturile de tasare au rolul de a permite deplasarea diferențială pe verticală a două blocuri (panouri) adiacente dintr-o construcție hidrotehnică, impermeabilizarea acestora realizîndu-se în funcție de deplasări. Materialul de impermeabilizare trebuie să aibă rezistență ridicată la forfecare și aptitudinea de a prelua deformații mari, să reziste la presiunea hidrostatică, să aibă rezistență mare la întindere, să adere direct sau să poată fi lipit pe beton etc.

Unele materiale folosite pentru tratarea rosturilor pot fi folosite și pentru închiderea fisurilor apărute în timpul exploatării construcțiilor și la monolitizarea elementelor prefabricate, folosite la execuția construcțiilor hidrotehnice. La aceste lucrări măsurile de impermeabilizare se aplică diferențiat în funcție de cerințele tehnice cărora trebuie să le corespundă construcția după închiderea fisurilor sau monolitizarea elementelor prefabricate.

În lucrările de drumuri în construcțiile civile și industriale și în alte lucrări, rosturile de dilatare și contracție pot fi executate cu aceleași materiale, ca și în cazul construcțiilor hidrotehnice, avînd în vedere însă condițiile cărora trebuie să le corespundă aceste lucrări în exploatare pe baza cărora se aleg materialul și soluția adecvată pentru tratarea rosturilor.

2. ADEZIVI ȘI CHITURI PENTRU ROSTURI ȘI REPARAREA SUPRAFEȚELOR ȘI ELEMENTELOR DE BETON

Industria chimică livrează în ultimii ani un sortiment foarte larg de adezivi pe bază de compuși macromoleculari, a căror folosință în diferite domenii de activitate ia amploare din ce în ce mai mult.

Scanned with OKEN Scanner

Adezivii pe bază de compuși macromoleculari luați în studiu pentru folosirea în construcții se împart după modul de întărire în adezivi cu întărire la cald și adezivi cu întărire la rece (temperatura obișnuită) sub acțiunea unui agent întăritor, acordîndu-se preferință în prezent adezivilor cu întărire la rece.

În S.U.A. și unele țări din Europa occidentală se folosesc pe scară mare, în lucrările de construcții, adezivii pe bază de compuși epoxidici și mai puțin adezivii pe bază de poliacetat de vinil și alte tipuri de compuși macromoleculari [4]. Adezivii pe bază de compuși epoxidici au aderență superioară la toate materialele clasice de construcție, se întăresc în mod practic fără contracție, permit o grosime mare a îmbinării și nu conțin solvenți volatili. Rezistența îmbinărilor cu adezivi epoxidici la compresiune, întindere, șoc mecanic și termic, agresivitate chimică etc. depășește rezistența pieselor de beton care se îmbină.

Unele neajunsuri ale cleiurilor epoxidice, cum sînt aderența slabă la betonul umed, sau la suprafețe brute etc., pot fi înlăturate și se poate reduce substanțial consumul acestora, prin combinarea cu compuși fenolici, furanici, melamină, polisulfuri, bitum, gudron etc.

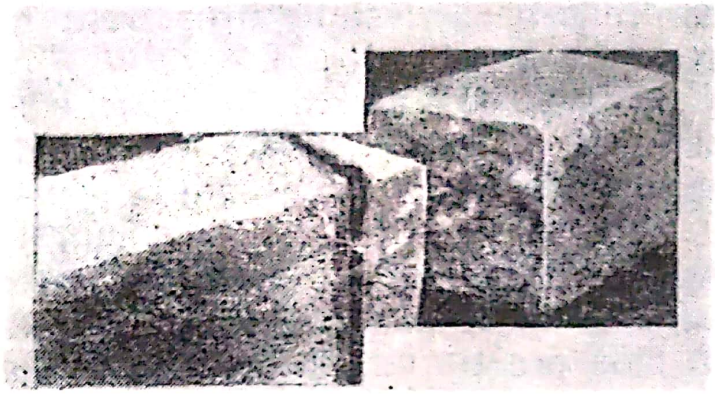
În S.U.A.pe baza compușilor epoxidici — Epon-828 și a polisulfurilor s-au elaborat adezivii „Concresiv-1“, „Concresiv--2“, „Concresiv-3“, care se deosebesc prin diferențe de viscozitate [5]. Acești adezivi ating rezistența normală de exploatare la temperatura de 26°C după 14 h de la turnare. Monolitizarea betonului cu acești adezivi asigură rezistențe mai mari decît rezistența betonului, indiferent de vîrsta acestuia la data monolitizării (ambele piese din beton vechi, o piesă din beton vechi și alta din beton proaspăt, rost între elemente proaspăt turnate), (fig. IV.2,*a*). Acești adezivi se mai folosesc pentru închiderea fisurilor și repararea suprafețelor de beton, la lipirea pieselor metalice de tot felul pe beton etc. (fig. IV.2, *b*).

Cu adeziv de tip „Epocast — 546“, în S.U.A. s-au monolitizat piese de beton sub apă [4].

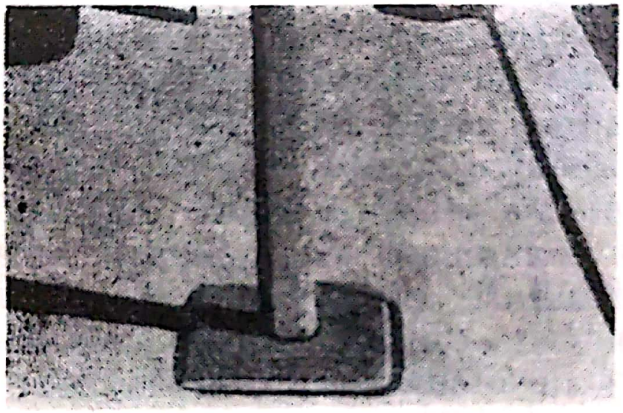
În portul Los Angeles, la verificarea unui chei construit de circa 40 de ani din beton, s-au constatat fisuri la elementele structurale — piloți și grinzi etc., care aveau pînă la 13 cm deschidere [20].

Scanned with OKEN Scanner

Analiza tehnico-economică a arătat că este dezavantajoasă, sub toate aspectele, reconstrucţia din nou a cheiului şi s-a hotărît ca acesta să se consolideze cu adezivi epoxidici. Cu această ocazie s-au făcut încercări de laborator



a



b

Fig. IV.2. Monolitizarea diferitelor piese cu compuşi epoxidici:
a — ruperea pieselor de beton îmbinate cu chit epoxidic; *b* — fixarea pieselor de oţel cu chit epoxidic pe suprafaţa betonului.

şi pe şantier, pentru a se alege două tipuri de adezivi şi materiale de umplutură care să satisfacă următoarele condiţii:

— un adeziv care să poată fi injectat din exterior în fisuri de diferite dimensiuni, capabil să asigure după întărire o legătură corespunzătoare între suprafeţele de beton;

— un adeziv pentru închiderea suprafeţei fisurilor în exterior, care să poată fi aplicat prin şpacluire şi după întărire să reziste la presiunea adezivului injectat în fisuri pentru consolidarea lucrării.

În vederea încercărilor la compresiune s-au luat din planşeul cheiului probe cu dimensiunile de 15 cm, dintre

care unele au fost încercate la compresiune, iar altele au fost tăiate cu ferăstrăul în două părţi egale, după un plan diagonal faţă de axa longitudinală (realizîndu-se astfel planul de rupere prin forfecare, sub acţiunea sarcinii de compresiune), jumătăţile probelor obţinute au fost lipite cu adezivul ce urma să fie injectat şi presate. După întărirea adezivului, probele au fost încercate ca şi cele netăiate.

Mediile rezultatelor a zece încercări pe fiecare tip de probe sînt următoarele:

a) probe de beton încercate întregi
Rezistenţă medie 217,26 kgf/cm²

b) probe de beton încercate după ce au fost tăiate în diagonală şi lipite cu adezivul epoxidic
Rezistenţă medie 238,38 kgf/cm²

Pentru încercările de întindere s-a luat o probă cilindrică de beton fisurată din corpul unui pilot, aleasă astfel, ca cilindrul de beton să fie secţionat în două părţi de fisură. Cele două părţi ale cilindrului de probă au fost lipite în laborator şi, după întărirea adezivului, cilindrul lipit a fost tăiat cu ferăstrăul normal pe axa longitudinală, obţinîndu-se zece discuri cu înălţimea de 2,5 cm. Pe discuri s-au lipit cu adeziv manşoane de oţel şi au fost încercate la întindere, astfel că efortul aplicat să fie normal pe fisură, constatîndu-se următoarele:

— toate discurile lipite s-au rupt în secţiuni diferite de secţiunea lipită; rezistenţa medie la întindere a celor zece probe lipite fiind de 22,5 kgf/cm²;

— rezistenţa medie la întindere a unui grup de zece discuri similare, luate din betonul nefisurat, a fost de 19,5 kgf/cm².

De asemenea s-au făcut încercări la încovoiere, încercări pe secţiuni de grinzi tip, reparate prin lipire cu adeziv, care au fost supuse la încărcări statice şi dinamice obţinîndu-se în toate cazurile, pentru elementele lipite cu adeziv şi supuse încercărilor, rezultate egale sau superioare celor obţinute pe probele-martor care au fost încercate întregi. Din încercările efectuate s-au tras următoarele concluzii:

— betonul din lucrare a avut o calitate structurală bună;

— adezivul epoxidic selecţionat pentru consolidarea lucrării a corespuns condiţiilor tehnice cerute.

Scanned with OKEN Scanner

Încercările şi observaţiile efectuate după repunerea în stare de funcţionare a cheiului au arătat că lucrarea se comportă, la diferite solicitări , la fel de bine ca şi înainte de fisurare şi poate fi exploatată în condiţii de siguranţă deplină.

În R.F.G. şi în alte ţări sînt folosiţi, cu bune rezultate, adezivii Sinmast, pe bază de compuşi epoxidici cu întărire la rece şi diferite compoziţii de chituri şi masticuri pregătite pe baza acestora [15; 16]. Produsele Sinmast au aderenţă la betonul umed (tipul Sinmast-UW aderă la beton sub apă) şi se livrează în peste 10 sortimente, diferenţiate între ele prin gradul de elasticitate şi domeniul cel mai indicat de folosire în practică. La tipurile Sinmast-1-8 gradul de elasticitate creşte de la tipul 1 pînă la 8 (modulul de elasticitate este de circa 300 000 kgf/cm² pentru Sinmast-1 şi de circa 10 000 kgf/cm² pentru Sinmast-8), astfel încît tipurile 1-4 amestecate cu diferite agregate sînt folosite la realizarea de straturi de impermeabilizare şi îmbinări rigide, la care se cer rezistenţe mecanice ridicate, iar tipurile 5—8 sînt recomandate pentru straturi impermeabile cu elasticitate mare, la rosturi şi îmbinări capabile să preia deformaţii mari. Tipurile Sinmast 5—8 au însă rezistenţe mecanice ceva mai reduse decît tipurile 1—4. În tabela IV.1 sînt redate unele caracteristici ale adezivilor Sinmast.

Datele din tabela IV.1 arată creşterea gradului de elasticitate al produselor Sinmast de la tipul 1 pînă la 8 şi, în

Tabela IV.1

Alungirea limită la întindere axială şi rezistenţa la forfecare a produselor Sinmast

Tipul produsului Sinmast	Alungirea la rupere prin întindere axială, %	Rezistenţa la forfecare, kgf/cm²
1	12	325
3	—	168
4	32	—
6	50	180
7	70	—
8	100	—
Sinmast-8 cu azbest în raport 1:1	50	—

același timp, scăderea rezistenței la forfecare de la tipul 1 pînă la 8. Se mai observă că, prin adaosul de material de umplutură, elasticitatea adezivilor scade, fapt confirmat și de experiențele efectuate de K. Wenzel, redate în cap. VII. Mortarele, chiturile și masticurile, obținute prin amestecul produselor Sinmast cu diferite agregate, obțin în timp de 24 h de la confecționare (păstrate la temperatura normală) circa 90—95% din rezistența finală, permițînd darea în exploatare a lucrării în timp foarte scurt, 1—3 zile, în cazul exploatării în mediu uscat și 7—14 zile, în cazul exploatării sub acțiunea apei [15; 16]. Din diversitatea rețetelor de lucru care se pot realiza cu produsele Sinmast, în funcție de nevoile practice, se dau numai două.

Rețeta 1 — mortar de mare rezistență mecanică și la uzură:

Agregat cu granule de 0,1—0,5 mm;	
Sinmast de tipurile 1—4	1 000 g
Azbest de tip AAA-1	450 g
Electrocorund redurit	4 100 g

În cazul folosirii produsului Sinmast-1 ca liant, în această rețetă se obțin următoarele rezistențe mecanice, după întărire la temperatura normală: compresiune 900 kgf/cm² și întindere axială 140 kgf/cm²; încovoiere 300 kgf/cm², iar rezistența la uzură a unui astfel de material este echivalentă cu cea a unei pietre de polizor de bună calitate. În cazul folosirii nisipului de cuarț și Sinmast-1, conform rețetei I se obțin următoarele rezistențe medii după întărire la temperatură normală; compresiune 700—750 kgf/cm²; întindere axială circa 100 kgf/cm², încovoiere circa 200 kgf/cm².

Rețeta II — mortar cu agregat 0—7 mm; raport amestec 1:8

Sinmast-1-4	1,00 kg
Azbest AAA-1	0,1 kg
Cuarț măcinat sub 0,12 mm	0,3 kg
Nisip de cuarț 0,1—0,3 mm	2,5 kg
Nisip de cuarț 0,7—1,2 mm	2,1 kg
Pietriș cu granule rotunjite 3—5 sau 5—7 mm	3,0 kg

Mortarul obținut pe baza rețetei II are culoarea pietrei naturale, rezistențe mecanice ridicate, aderență bună la

Scanned with OKEN Scanner

betonul vechi etc. Timpul de prelucrare a materialelor pe baza produselor Sinmast variază în funcţie de tipul de produs folosit şi de temperatura aerului între 30 min şi 12 h.

Mortarele, chiturile şi masticurile obţinute pe baza produselor Sinmast au rezistenţă foarte bună la acţiunea apei potabile, a apei de mare, a uleiurilor minerale, benzinei, alcoolului tehnic, hidroxidului de sodiu 20%, rezistenţă bună la acţiunea acidului sulfuric, clorhidric, acid citric 10% etc. şi nu rezistă la acţiunea acizilor azotic, fosforic, acetic, lactic, a uleiului de terebentină etc.

Dintre lucrările la care s-au folosit produsele Sinmast se menţionează:

La o centrală hidroelectrică, canalul de aducţiune şi gurile de alimentare ale turbinelor suferiseră deteriorări puternice în exploatare, încît specialiştii consultaţi opinau pentru refacerea integrală a acestor lucrări [16]. În acest caz s-a hotărît efectuarea reparaţiilor cu folosirea compuşilor Sinmast şi avîndu-se în vedere că uscarea betonului din lucrările deteriorate nu era posibilă s-a adoptat următoarea tehnologie de lucru:

— în cazul canalului de aducţiune la care legătura între pereţi şi radier era distrusă în bună măsură, iar pereţii fisuraţi, s-a procedat la deschiderea rosturilor (fisurilor) prin şpiţuire sau prin frezare, s-a curăţat suprafaţa rostului, aplicîndu-se prin pensulare un prim strat de Sinmast-UW care avea rolul de a face legătura cu betonul vechi umed, peste care s-a aplicat al doilea strat de adeziv elastic Sinmast-6, fără materiale de umplutură, şi s-a turnat apoi mortar cu nisip cuarţos 0—7 mm, pregătit cu Sinmast-4 (ca liant organic) în raport 1:8. Din motive de siguranţă suplimentară, la două zile după turnarea mortarului cu Sinmast-4 s-a aplicat peste acesta un strat de Sinmast-6 cu fibre de azbest.

Pentru închiderea fisurilor cu deschideri variabile, din diferite construcţii, s-au folosit produsele cu elasticitate mare de tipul Sinmast-6-8. În acest caz trebuie să se aibă în vedere reducerea secţiunii stratului elastic de reparaţie, generată de efortul de întindere la deschiderea fisurilor şi deci necesitatea unei grosimi minime pentru ca stratul elastic să nu fie rupt, recomandîndu-se următoarele materiale şi grosimi minime pentru aceasta:

Scanned with OKEN Scanner

— în cazul fisurilor cu deschidere pînă la 1,00 mm — un strat de Sinmast-8 fără material de umplutură, cu grosimea de 1,5 mm; în cazul că este necesară și etanșarea betonului (cazul rezervoarelor) se recomandă folosirea unei pelicule de circa 5 mm grosime din pastă de Sinmast-8 și azbest în raport 1:1;

— pentru fisuri cu variația deschiderilor mai mare se analizează posibilitatea folosirii a două straturi de materiale pe bază de produse Sinmast (v. și cap. VII).

În bibliografia consultată se menționează închiderea fisurilor și a rosturilor la rezervoare de apă din beton precomprimat de capacități pînă la 20 000—30 000 m³. La unele rezervoare s-a realizat concomitent și impermeabilizarea betonului prin aplicarea unei pelicule continue [16].

La institutul Ghidroproiekt — U.R.S.S. s-a studiat folosirea compușilor epoxidici de tipurile E-40 și ED-6, produse din industria sovietică pentru monolitizarea prefabricatelor folosite în construcțiile hidrotehnice și s-au obținut chituri de consistență variată, de la cea lichidă pînă la cea pastoasă, care se întăresc în scurt timp, fără să necesite o prelucrare termică și presare suplimentară [10]. Proprietățile fizico-mecanice pe care trebuie să le aibă astfel de chituri pentru a putea fi folosite la un anumit gen de lucrări (rezistențe mecanice și la agresivitatea chimică, rezistențe la diferite acțiuni ale agenților atmosferici și termici etc.) pot fi obținute prin dozarea procentuală diferită a materialelor care intră în compoziția chitului respectiv.

În general, chiturile studiate includ compușii epoxidici (E-40 sau ED-6), un plastifiant (dibutil-ftalat), un întăritor (pe bază de polietilen-poliamină) și materiale de umplutură (ciment sau nisip fin măcinat).

Pentru încercări au fost îmbinate diferite epruvete (jumătăți de bare, corpuri cilindrice etc.), iar după întărire au fost supuse solicitărilor de întindere, compresiune, încovoiere, îngheț-dezgheț etc. S-a constatat că în toate cazurile se pot obține compoziții care să asigure o monolitizare a rostului mai rezistentă decît materialul de bază al pieselor care se îmbină, astfel ca ruperea să nu se producă prin rost, ci prin materialul de bază al pieselor, chiar în cazul cînd rostul se află în zona de efort maxim.

Scanned with OKEN Scanner

În experienţele lui E. V. Lavrinovici [13] drept criteriu de aplicabilitate a diferiţilor adezivi s-a considerat rezistenţa îmbinării la rupere şi rezistenţa la apă. Determinarea rezistenţei îmbinării s-a făcut pe epruvete standard, obţinute prin lipirea unor jumătăţi separate. Rezistenţa la apă s-a determinat prin fierberea în apă a epruvetelor îmbinate, încercînd apoi rezistenţa îmbinării cap la cap. Un astfel de procedeu este mult mai riguros decît o încercare îndelungată în apă rece, permiţînd selecţionarea într-un interval de timp scurt a celor mai stabile compoziţii de adezivi sau de chituri.

Experienţele s-au efectuat cu folosirea ca adeziv a cleiurilor pe bază de compuşi epoxidici şi bachelită, de lacuri furilice, cleiuri VIAM- B3 şi BF-4.

Întrucît unele dintre cleiurile încercate se întăresc numai la temperaturi ridicate, în cazurile necesare s-a efectuat încălzirea epruvetelor. Temperatura şi durata de încălzire au fost alese pornind de la condiţiile asigurării polimerizării totale a cleiului respectiv.

Rezultatele experienţelor sînt redate în tabela IV.2 şi arată că există un sortiment mare de cleiuri care asigură rezistenţă ridicată îmbinărilor. Majoritatea cleiurilor încercate a dat o rezistenţă satisfăcătoare la apă, chiar în cazul unei încercări accelerate. Rezultatele cele mai bune în acest sens au fost obţinute cu compuşi epoxidici şi lacuri de bachelită. O reducere ceva mai mare a rezistenţei la fierbere în apă, însă totuşi admisibilă (sub 20%), au dat lacul furilic şi cleiul BF-4. Cleiul VIAM-B3 şi-a redus considerabil rezistenţa după încercarea la apă.

Gradul de polimerizare al cleiului are o influenţă deosebită asupra rezistenţei la apă. Astfel, la o temperatură joasă şi într-un timp de tratare termică scurt, rezistenţa la apă a cleiurilor din bachelită era redusă (compoziţiile 5 şi 6).

În continuare se dau rezultatele încercărilor obţinute prin introducerea în compoziţia chiturilor a unor agregate minerale: ciment, nisip şi, în cazul unui rost de dimensiuni mari, piatră spartă. Cantitatea de agregate minerale introduse se determină din condiţia de obţinere a chitului cu plasticitate cerută, pentru a asigura turnarea acestuia fără vibrare.

Scanned with OKEN Scanner

Pregătirea chiturilor s-a făcut în două etape: prin introducerea de nisip fin măcinat, cleiul era adus pînă la consistența necesară care asigură o stabilitate la segregare, apoi s-a adăugat, la compoziția astfel obținută, nisip cu granulație mare și piatră spartă.

Din încercări a rezultat că se pot obține chituri pe bază de compuși epoxidici care să asigure o rezistență la compresiune de peste 1 000 kgf/cm². Prin adăugarea unui diluant în proporție de 50% din rășină în amestec, se reduce consumul de compus macromolecular pe metru cub de chit de la 430 pînă la 190 kg, însă se reduce mult și rezistența chitului. Scăderi de rezistență s-au constatat și în cazul introducerii de plastifianți (tabelele IV.2 și IV.3).

Rezultatele experiențelor arată că chiturile pe bază de compuși epoxidici au un grad înalt de rezistență la apă, care depășește considerabil rezistența la apă a îmbinărilor cu cleiuri.

La aprecierea calității chitului prezintă interes creșterea rezistenței în timp. Modificarea duratei timpului ne-

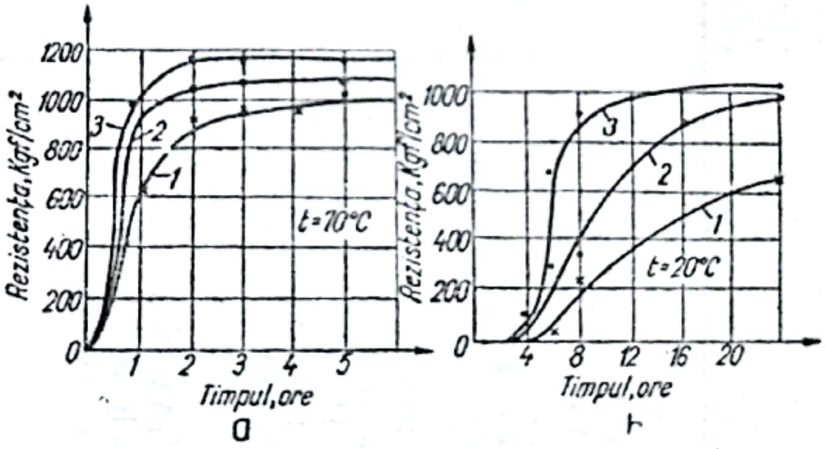


Fig. IV.3. Creșterea rezistenței chitului pe bază de compuși epoxidici în funcție de procentul de întăritor și temperatura mediului de păstrare a epruvetelor:

1 — epruvete cu 10% întăritor; *2* — idem cu 15% întăritor; *3* — cu 20% întăritor. (Întăritorul s-a dozat în procente din greutatea compusului epoxidic).

cesar creșterii rezistenței poate fi obținută prin dozarea diferită a întăritorului, precum și prin modificarea temperaturii de polimerizare (întărire), (fig. IV.3, *a* și *b*).

Tabela IV.2

Caracteristicile îmbinărilor cu chituri pe bază de compuşi macromoleculari

Tipul de clei	Compoziţia chitului		Temperatura de întărire °C	Timpul de întărire ore	Rezistenţa de rupere		Rezistenţa % din *R*
	Materiale	Cantitatea în unităţi de greutate			*R.* control	*R.* după fierbere	
Clei epoxidic	ED–5 Solvent Întăritor Plastifiant Ciment	100 82 8 10 300	15	200	25 *)	17	68
Idem	ED–5 Solvent Întăritor Plastifiant Ciment	100 10 8 10 50	15	200	23 *)	22 *)	96
VIAM B.3	VIAM B–3 Solvent Întăritor	100 10 70	60	12	19,6	13	66
Idem	VIAM B–3 Solvent Întăritor Ciment	100 10 17 127	60	12	20,9	13	62

Scanned with OKEN Scanner

Lac de bachelită	Lac de bachelită Întăritor Ciment	100 1,5 150	60—80	6	21,3	6,8	32
Idem	Lac de bachelită Întăritor Ciment	100 1,5 150	60—80	12	22,6*)	15	66
Idem	Lac de bachelită Întăritor Ciment	100 1,5 150	140	3	22*)	22*)	100
Clei furilic	FL-1 Solvent Ciment	100 65 130	140	12	22,8*)	18,6	82
Idem	FL-1 Solvent Ciment	100 65 130	140	12	21,4	18,4	85
Clei BF-4	BF-4 ciment	100 70	100	7	23,0	19,3	84

*) Compozițiile de chit la care ruperea a avut loc prin betonul pieselor lipite

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IV.3

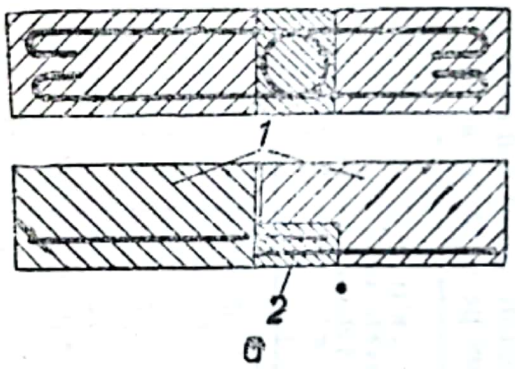
Caracteristicile chiturilor pe bază de compus epoxidic ED-5

Compoziția chitului unități de greutate					Rezistența epruvetei de control R_c kgf/cm²	Rezistența după 28 zile de întărire în condiții:						Rezistența după 180 zile de întărire în condiții:					
						Aer uscat		Aer umed		În apă		Aer uscat		Aer umed		În apă	
Compus ED-5	Solvent	Plastifiant	Întăritor	Umplutură		kgf/cm²	% din R_c	kgf/cm²	% din R_c	kgf/cm²	% din R_c	kgf/cm²	% din R_c	kgf/cm²	% din R_c	kgf/cm²	% din R_c
100	—	10	10	450	1 100	1 325	120	1 160	105	1 100	100	1 330	120	1 200	110	1 250	113
100	10	10	10	510	930	1 025	110	910	98	880	95	1 020	110	920	99	970	104
100	25	10	10	710	450	523	116	382	85	435	97	680	150	545	120	575	127
100	50	10	10	940	310	340	110	154	50	145	46	600	195	448	145	440	142
100	—	25	10	580	980	855	87	830	85	840	86	Nu s-au determinat					
100	—	50	10	800	622	615	99	595	96	595	96						
100	—	100	10	1 060	151	130	86	122	80	115	75						
100	—	10	15	530	1 150	1 300	113	1 120	102	1 150	100						
100		10	20	590	1 020	1 050	103	1 160	113	1 100	108						
100	—	10	30	620	1 100	745	68	640	58	710	64						

Scanned with OKEN Scanner

Studiul creşterii rezistenţei în timp a chitului arată că prin mărirea procentului de întăritor se poate obţine o rezistenţă mare a chitului (600—800 kgf/cm²), la 6—8 h după turnare. La o mărire a temperaturii pînă la +70°C (ceea ce în condiţii de producţie se obţine prin încălzirea electrică a îmbinărilor), o asemenea rezistenţă se obţine după o întărire de o oră. Pe lîngă studiul chitului epoxidic, s-au efectuat şi primele experienţe cu chituri pe bază de lac de bachelită. Rezultatele acestor experienţe (tabela IV.4) arată că chiturile pe bază de bachelită, ca şi chitul epoxidic, au o înaltă rezistenţă la apă, însă o rezistenţă mai mică la compresiune.

Încercările îmbinărilor elementelor de beton armat s-au efectuat pe epruvete îmbinate cu clei, prin intermediul îmbinărilor în ochiuri. În aceste îmbinări betonul sau chitul din ochiuri lucrează la forfecare. În fig. IV.4 *a* şi *b* este re-



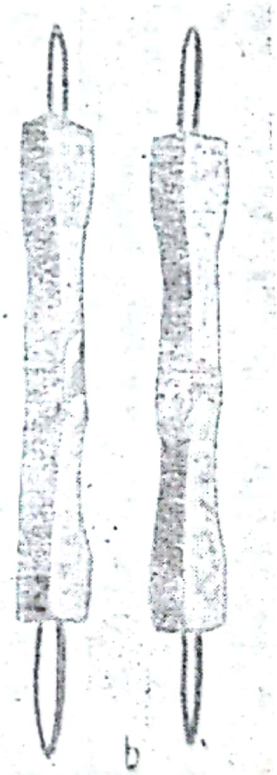


Fig. IV.4. Schema de alcătuire a epruvetelor din beton armat pentru încercări *a*) şi epruvetă îmbinată cu chit pe bază de compuşi macromoleculari *b*).

prezentată o asemenea epruvetă. Epruvetele au fost încercate la întindere şi la îngheţ-dezgheţ, iar rezultatele sînt date în tabela IV.5.

Din aceste încercări rezultă că chiturile obţinute au rezistenţă la forfecare mult mai mare decît betoanele obiş-

Tabela IV.4

Caracteristicile chitului pe bază de lac de bachelită

Compoziția chitului (în unități de greutate)						Rezistența la compresiune la vîrsta de 28 de zile la întărire în diferite condiții				
Lac bachelită	Dizolvant	Întăritor	Umplutură	R_c (după uscare)	Uscat kgf/cm³	% din R_c	În aer umed kgf/cm²	% din R_c	În apă kgf/cm²	% din R_c
100	10	2	240	198	185	94	171	87	200	101

Tabela IV.5

Rezultatele încercărilor pe epruvete de beton armat îmbinate cu chituri pe bază de compus epoxidic ED–5 și chituri pe bază de lac de bachelită

Compoziția chitului (în unități de greutate)		Rezistența chitului din epruveta de control la forfecare kgf/cm²	Rezistența după 50 de cicluri de îngheț-dezgheț kgf/cm²	Variația rezistenței %	Observații
ED–5	100	250	245	2	Prima fisură prin betonul vechi
Plastifiant	10				
Întăritor	10				
Umplutură	450				
Lac de bachelită	100	60	57	5	Prima fisură prin rost
Diluant	10				
Întăritor	2				
Umplutură	240				

Scanned with OKEN Scanner

nuite, fapt care permite reducerea lățimii îmbinării cap la cap.

La încercările asupra rezistenței la îngheț-dezgheț degradarea epruvetelor a început din zona betonului vechi, zona de contact și chitul nefiind supuse degradării. Reducerea rezistenței chitului în îmbinare, la forfecare este neînsemnată. Încercările îmbinărilor în ochiuri pe bază de chituri cu compuși macromoleculari arată că există mari posibilități de folosire a unor asemenea îmbinări și faptul că acestea au eficiență tehnică ridicată.

De asemenea rezultă că folosind cleiurile epoxidice, furilice, de bachelită și BF-4 există posibilitatea de a se obține chituri a căror rezistență la întindere depășește pe cea a betonului. Pe baza compușilor epoxidici și lacului de bachelită s-au obținut chituri rezistente la apă și la îngheț, care asigură îmbinarea elementelor de construcție din beton armat, cu transmiterea eforturilor de întindere în armătură.

La Institutul de Studii și Cercetări Hidrotehnice din București s-au făcut încercări pentru monolitizarea prefabricatelor, folosind compusul epoxidic Dinox-040-A, cu întărire la rece, produs pe scară semiindustrială de Întreprinderea Getica din cadrul M.I.Ch. Încercările s-au efectuat pe brichete din mortar de ciment 1 :2 lipite cu diferite chituri pe bază de compus epoxidic Dinox-040-A. În compoziția chiturilor pe lîngă compusul epoxidic a intrat dibutilftalatul ca plastifiant, etilen-diamina ca întăritor și un material de umplutură, care a fost cimentul, filerul de calcar sau nisipul fin măcinat. Rezultate foarte bune pentru nevoile practicii (38—42 kgf/cm² de rost la întindere axială) au fost obținute cu următoarea rețetă:

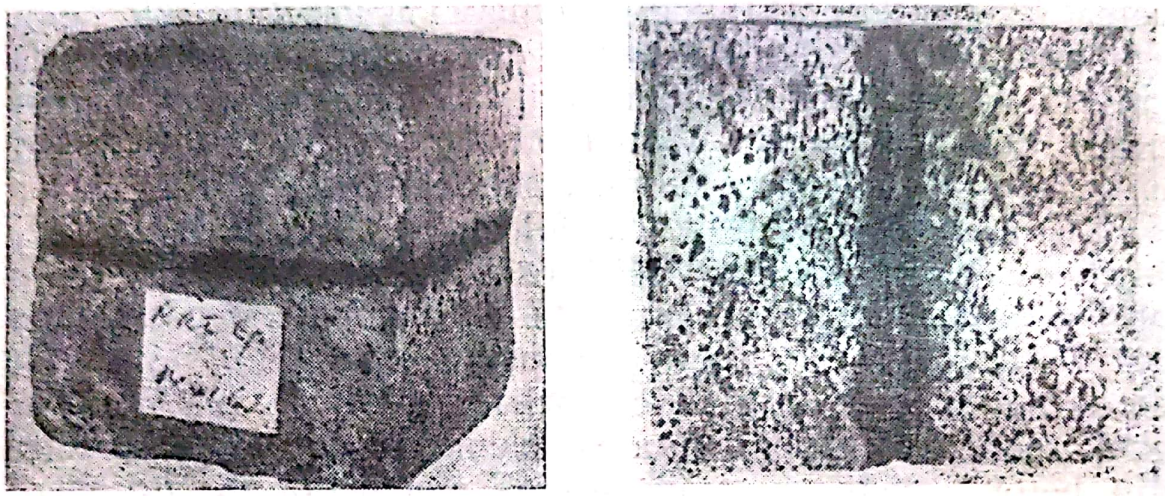
Dinox-040-A	50 g
Dibutil-ftalat	10 g
Etilen-diamina (79,81%)	5 g
Ciment P 400	150 g

Brichetele păstrate după lipire la temperatura de 20°C ating rezistențele de mai sus în circa 7 zile, iar la temperatura de 50°C, în circa 2 zile.

Încercările la forfecare pe cuburi confecționate din jumătăți de cub lipite între ele cu chit pe bază de compuși epoxidici s-au făcut pe cuburi confecționate din 2 jumătăți

de cub din mortar 1 : 4 (fig. IV.5, *a* şi *b*), care s-au lipit între ele la vîrsta de 30 zile de la turnare, cu chituri de diferite compoziţii (ca şi în cazul brichetelor), constatîndu-se următoarele:

— se pot obţine uşor compoziţii care să dea lipiri mai rezistente decît materialul de bază din piesele care se li-



a *b*

Fig. IV.5. Epruvete cubice lipite cu chit pe bază de compuşi epoxidici: *a* — înainte de încercare; *b* — ruperea prin materialul de bază al epruvetei.

pesc. Reţeta redată anterior dă rezistenţe mult prea mari pentru mortarul 1 : 4, din care erau confecţionate cuburile, şi se pot folosi reţete cu un conţinut mai redus de compuşi epoxidici;

— în cazul chiturilor pe bază de compuşi epoxidici, ruperile se produc numai prin materialul de bază;

— după timpul necesar de întărire (a rostului) care este de circa 7 zile la temperatura de 20°C, la probele păstrate timp de 100 şi 240 h în apă ruperile s-au produs de asemenea prin materialul de bază al probelor şi nu prin rost;

— cuburile încercate la compresiune (forţa acţionînd perpendicular pe rostul de lipire) au dat atît în cazul păstrării în aer uscat, cît şi după păstrarea în apă timp de zece zile, rezultate puţin superioare celor obţinute pe cuburi (turnate întregi din acelaşi mortar), păstrate în aceleaşi condiţii, după cum rezultă din următoarele date:

cuburi lipite păstrate în mediu uscat, 196 kgf/cm²;
cuburi turnate păstrate în mediu uscat, 187 kgf/cm²;
cuburi lipite păstrate şapte zile la temperatura de circa 20°C şi apoi în apă zece zile, 181 kgf/cm²;
cuburi turnate întregi şi păstrate în condiţii similare, 171 kgf/cm².

Cercetătorii Institutului Politehnic din Minsk și-au propus să obțină un adeziv universal cu largi posibilități de folosire, ai cărui indici tehnici să fie comparabili cu cei ai compozițiilor cu compuși epoxidici, însă să fie mult mai accesibil în ce privește prețul de cost. Ei au obținut cleiul sintetic universal BOV-1, al cărui cost este de circa trei ori mai mic decît al compușilor epoxidici care se fabrică în U.R.S.S., iar pentru producția lui se folosesc materiale accesibile.

Pe baza datelor lui B. F. Borisov [2], cleiul BOV-1 se fabrică din monomerul FA (furfurol-acetonă), stirol, compusul epoxidic ED-5 și un întăritor (polietilen-poliamină), printr-un proces tehnologic destul de simplu, în două faze:

— în prima fază se prepară un lac prin amestecarea în condițiile prescrise a monomerului FA, cu compusul ED-5 și stirolul. Lacul astfel obținut poate fi păstrat timp îndelungat în butelii închise;

— în faza a doua (la șantier sau la atelierul de prefabricate) se prepară cleiul, amestecînd cu grijă lacul cu întăritorul, la o temperatură care nu depășește 30°C și în funcție de destinație se adaugă materialele de umplutură (nisip, ciment, fibre de azbest etc.). Cleiul se prepară în cantități care nu depășesc necesarul de lucru pentru un interval de trei-patru ore.

Autorul arată că acest clei este un adeziv universal, deoarece lipește (îmbină) cele mai diferite materiale ca: beton, lemn, metale, azbociment, piese ceramice, materiale plastice, fibre de sticlă, hîrtie etc. Precizînd că, pe baza încercărilor efectuate, cleiul are proprietăți superioare în comparație cu compusul epoxidic ED-5 în ce privește rezistențele mecanice, rezistența la apă și diferite variații de temperatură (îngheț pînă la —60°C și temperaturi pînă la +250°C), rezistența la diferiți agenți chimici (cu excepția acidului clorhidric diluat) etc.

Încercările efectuate în R. S. Cehoslovacă cu toate tipurile de compuși epoxidici fabricați în această țară au permis să se selecționeze, pentru aplicare în practica industrială a lucrărilor de construcții, compozițiile de chituri din tabela IV.6 [17].

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IV.6

Compoziţii de chituri recomandate în R.S. Cehoslovacă pentru închiderea rosturilor şi fisurilor, monolitizarea elementelor prefabricate etc.

Compoziţia chitului		Caracteristicile compoziţiilor		
Materiale	Cantitatea (părţi de greutate)	Greutatea aparentă kg/l	Rezistenţa, kgf/cm²	
			Compresiune	Încovoiere
Compus epoxidic E-1200 Întăritor L-1900 Nisip fin	100 85 185	1,45	280	304
Compus epoxidic E-1200 Întăritor P Nisip fin	100 7 107	1,50	565	337
Compus epoxidic E-2200 Compus epoxidic E-1200 Întăritor P Nisip fin	50 50 8 150	1,45	450	225

În R.F.G., U.R.S.S. şi în alte state se mai folosesc, pentru etanşarea rosturilor şi monolitizarea prefabricatelor de beton, adezivi şi compoziţii de chituri pe bază de poliesteri şi poliacetat de vinil. Folosirea adezivilor şi compoziţiilor de chituri pe bază de poliesteri, mai ales în lucrările de rezistenţă, provoacă încă unele controverse datorită dependenţei rezultatelor, într-o anumită măsură, de umiditatea elementelor de beton care se îmbină. Rezultatele obţinute în unele studii arată că proprietăţile adezivilor şi chiturilor poliesterice sînt influenţate negativ de acţiunea prelungită a apei asupra îmbinărilor realizate cu aceste materiale. Din acest motiv, unii cercetători consideră indicată folosirea adezivilor şi chiturilor pe bază de poliesteri în perioada actuală, în special în construcţii civile şi industriale, precum şi în lucrări de alte tipuri, în special acolo unde comportarea rosturilor, sau a monolitizărilor pre-

Scanned with OKEN Scanner

fabricatelor, poate fi controlată periodic în timpul exploatării.

Adezivii, chiturile și mortarele pe bază de poliacetat de vinil se folosesc pe scară mare pentru închiderea rosturilor, pentru asigurarea aderenței dintre betonul vechi și nou, și pentru repararea suprafețelor de beton, atît datorită aderenței ridicate a acestora la suprafețe de beton uscate și umede și la alte materiale, cît și datorită faptului că se situează printre materialele accesibile ca preț de cost și posibilități de procurare. Printre dezavantajele adezivilor pe bază de poliacetat de vinil se menționează acela că nu pot fi utilizate la îmbinări prea groase și că au un anumit grad de sensibilitate la acțiunea apei. Trebuie menționat însă că lucrări de reparații, executate cu materiale cu adaos de poliacetat de vinil în sectorul drumurilor de circa 10 ani, au arătat în exploatare o bună comportare sub acțiunea traficului și agenților climatici.

În țara noastră [8, 10] s-au făcut încercări pentru obținerea unor compoziții de chituri pe bază de poliacetat de vinil, în vederea monolitizării și reparării elementelor prefabricate în diferite construcții care au suferit deteriorări în procesul de fabricație sau în timpul transportului și s-au obținut rezultate pozitive în prima fază a experimentărilor. Aceasta a dus la propunerea ca lucrările experimentale să fie continuate și să se efectueze experimentări și aplicații industriale pentru a se stabili definitiv factorii care influențează îmbinările și monolitizările cu asemenea chituri, precum și domeniile și condițiile de folosire în practică a acestor materiale. În continuare sînt redate unele dintre rezultatele obținute la încercările efectuate, folosindu-se ca adeziv emulsia de poliacetat de vinil neplastifiată (PVA) Aracet E-50 produsă de Uzinele Chimice Rîșnov.

Încercările la întindere s-au efectuat pe brichete în opt confecționate din două jumătăți de brichetă lipite între ele cu chit cu PVA.

Pentru lipire s-au folosit brichetele rupte la încercarea la întindere pură și chituri de diferite compoziții (ciment, nisip fin, apă, PVA și eventual un accelerator de priză cînd rostul era solicitat la interval de timp redus de la turnare). și s-au stabilit în general următoarele:

a) începînd cu raportul 0,15 PVA/($c + n$) *), ruperea brichetelor lipite confecţionate din mortar 1:3 fără adaos de PVA are loc totdeauna nu prin rostul de lipire, ci printr-o zonă alăturată rostului (fig. IV.6);

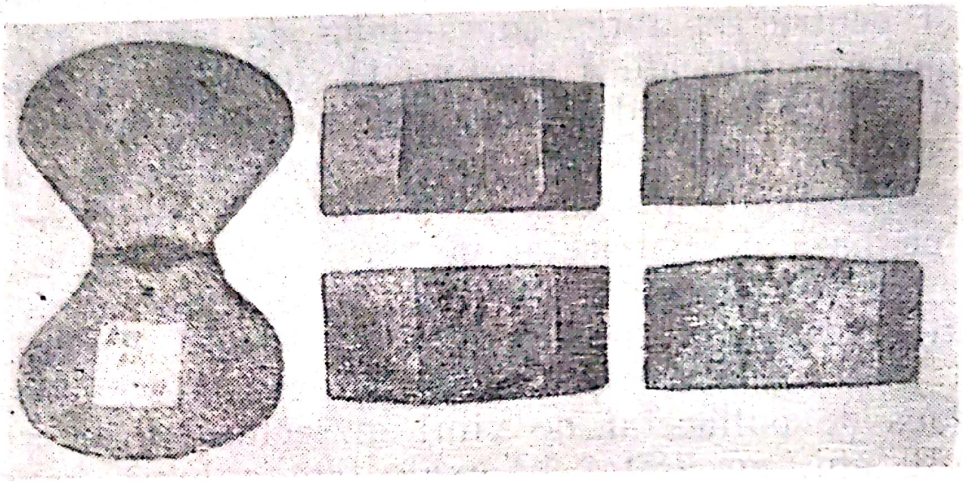


Fig. IV.6. Ruperea prin materialul de bază al brichetelor lipite cu chit pe bază de PVA.

b) la brichetele lipite, în compoziţia cărora la confecţionare a fost inclus adaosul de PVA, sînt necesare rapoarte mai mari de 0,15 PVA/($c + n$), în funcţie de procentul de PVA folosit la confecţionarea acestora, pentru ca ruperea să se producă într-o zonă alăturată rostului de lipire. În general, însă, în practică nu se întîlnesc decît cazurile descrise la punctul a), pentru care pe bază de încercări se poate stabili compoziţia optimă a chitului, astfel ca în secţiunea de lipire (monolitizarea) betonul să preia eforturi de întindere cel puţin egale cu ale celorlalte secţiuni.

Pentru cazuri în care rostul va fi solicitat la interval de timp scurt, se poate folosi ca accelerator de priză şi întărire, clorura de calciu tehnică în cantitate de 1%, faţă de ciment (în cazul în care rosturile se tratează la temperatura normală de întărire a betonului).

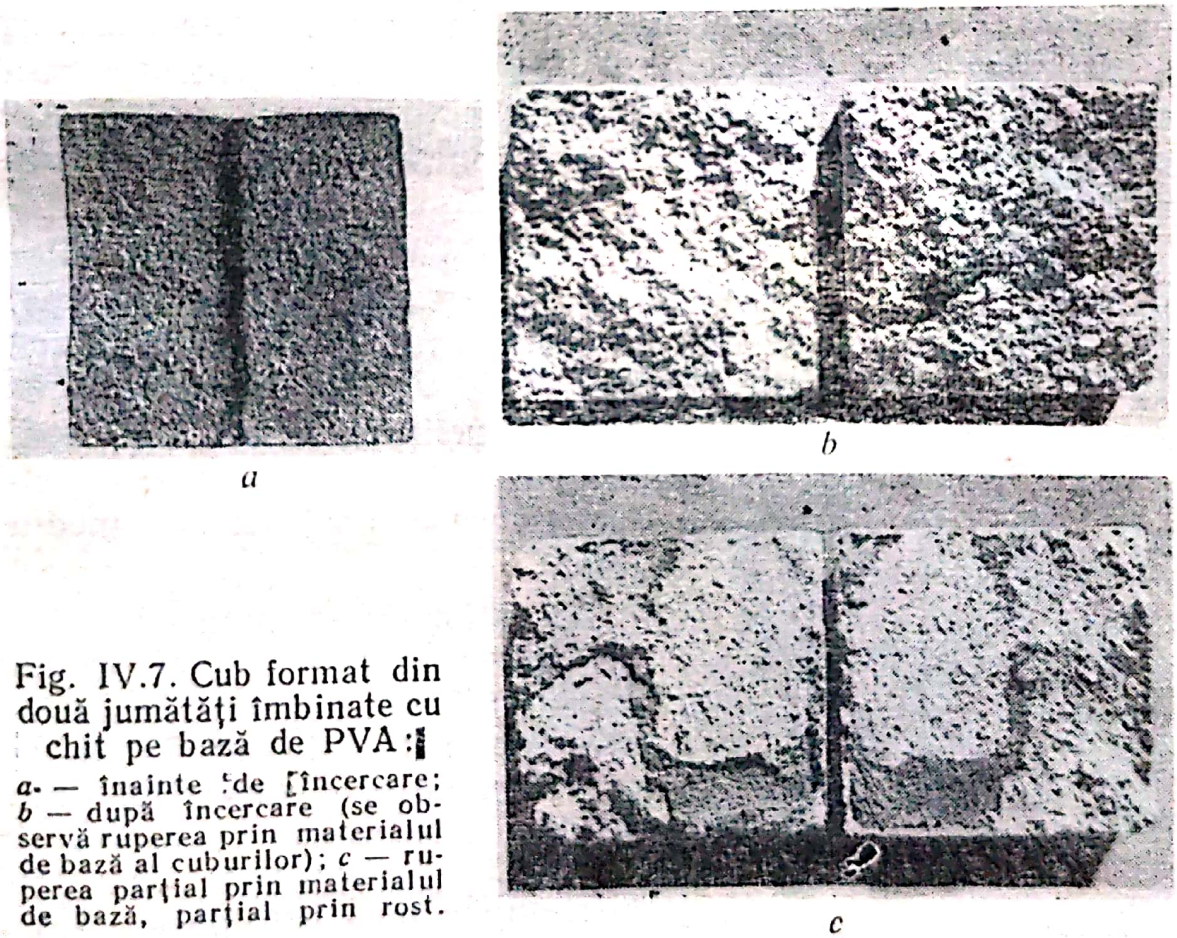
La rosturile cu chit pe bază de PVA nu este necesar ca suprafeţele care se lipesc să fie tratate în mod special, ci

*) ($c + n$) = cantitatea de ciment + nisip fin cu granulaţia sub 0,5 mm în greutate. S-au încercat compoziţii din o parte ciment şi trei părţi nisip, sau o parte ciment şi patru părţi nisip, caz în care creşte puţin consumul de PVA. Mărimea maximă a granulelor nisipului este în funcţie de dimensiunile rostului.

trebuie doar curățate bine cu peria de sîrmă, cu jet de nisip sub presiune etc., în funcție de posibilitățile șantierelor.

Încercările la forfecare s-au făcut pe cuburi confecționate din două jumătăți de cub din mortar 1:4, care s-au lipit între ele la vîrsta de 15—20 zile (după ce au fost turnate) cu un chit de tipul celui folosit și în cazul brichetelor, constatîndu-se în general următoarele:

— începînd cu raportul 0,15 PVA/($c + n$), ruperea nu se produce prin rost, ci, în funcție de modul cum au fost presate probele după lipire, ruperea are loc fie prin materialul de bază al probelor cînd acestea au fost supuse, timp de 24 h după lipire, la o presiune de 0,3—0,5 kgf/cm² de rost, fie parțial prin materialul de bază, și parțial prin rost,



a *b* *c*

Fig. IV.7. Cub format din două jumătăți îmbinate cu chit pe bază de PVA: *a* — înainte de încercare; *b* — după încercare (se observă ruperea prin materialul de bază al cuburilor); *c* — ruperea parțial prin materialul de bază, parțial prin rost.

atunci cînd probele au fost strînse cu mîna și apoi presate timp de 24 h după lipire cu 0,1 kgf/cm² de rost (fig. IV.7, *a*, *b* și *c*);

— rezistențele la forfecare obținute sînt de 32—38 kgf/cm² de rost (în general, superioare celor date în literatura de

specialitate pentru rezistența la forfecare a materialelor confecționate cu ciment P 400 și dozaj de 1:3);

— timpul necesar de păstrare a probelor după lipire, pentru a se obține rezultatele arătate, este de circa 25 de zile, în cazul cînd păstrarea se face în mediu cu umiditatea de 75—85% și cînd în componența chitului nu s-a inclus un accelerator de priză și de circa zece zile, în cazul cînd probele sînt păstrate în mediu cu umiditate de circa 60% și în componența chitului a fost inclusă clorura de calciu în proporție de circa 1% față de ciment;

— cuburile lipite din categoria celor de mai sus, încercate la compresiune (forța acționînd perpendicular pe rost) la 30 de zile de la lipire, au avut ruperea normală ca și cuburile întregi care se încearcă la compresiune, fără să se producă zdrobirea rostului, iar rezistențele obținute sînt comparabile, de 176 kgf/cm² (cuburi lipite) și 187 kgf/cm² cuburi din același mortar (turnate întregi), păstrate în condiții analoge (fig. IV.8);

— de asemenea se menționează că rezistențele rosturilor cu PVA sînt influențate de apă în sens negativ la vîrste mici (de la data lipirii), în timp ce cuburi lipite și introduse în apă timp de 100 h la vîrsta de circa 40 de zile (de la lipire) nu au fost influențate sensibil de apă, comportîndu-se la încercări similar cu cele păstrate în mediu uscat.

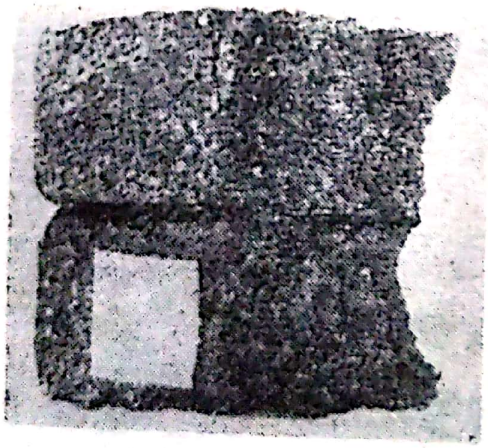


Fig. IV.8. Cub încercat la compresiune perpendicular pe rost.

La silozul Orțișoara, executat din beton armat, pereții celulelor circulare au fisurat la intervale de 1,0—1,40 m. Pînă la stabilirea tuturor factorilor care au dus la fisurarea betonului și a variației deschiderii fisurilor în timp, în luna octombrie 1964, s-a efectuat închiderea fisurilor prin pensulare cu Aracet EP-50. În interval de circa nouă luni (octombrie 1964—iulie 1965), materialul de închidere a fisurilor a dovedit o comportare bună, atît în cazul fisurilor mici (0,10—0,2 mm), cît și al fisurilor mari (0,3—1,3 mm).

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatele încercărilor efectuate arată că adezivii, chiturile și mortarele pe bază de PVA au aderență bună la betonul vechi și prezintă perspectiva folosirii pe scară mare la alcătuirea rosturilor și monolitizarea prefabricatelor.

În multe țări, printre care și R.F.G., pentru etanșarea rosturilor cu deschideri variabile se folosește și cauciucul cu polisulfuri, comercializat sub denumirea de masă Palesit, care se aplică prin turnare, întindere cu mistria sau prin pulverizare. Masa Palesit se livrează sub forma a două componente, componenta A și componenta B (agentul de vulcanizare) care se amestecă în proporțiile prescrise înainte de întrebuințare. Cu privire la proprietățile maselor Palesit se menționează [6] că au rezistență bună la acțiunea majorității substanțelor chimice, elasticitatea acestora se păstrează în intervalul de temperaturi —50... + 120°C, iar alungirea de rupere este de ordinul a 100—250%; la încercările de laborator pe epruvete cu secțiunea rostului de 2 × 2 cm și lungimea de 20 cm s-au obținut alungirile de rupere din tabela IV.7.

Tabela IV.7

Alungirea de rupere a rostului cu masă Palesit la temperaturi frecvente în construcții

Temperatura de încercare a rostului	Alungirea la rupere în cazul etanșării rostului cu masă Palesit, %	
	Aplicat prin turnare	Aplicat cu mistria
—30°C	180	120
—15°C	180	140
0°C	190	170
+20°C	200	200
+40°C	230	220
+60°C	260	250

Avînd în vedere variația deschiderii rosturilor, datorită contracției și umflăturii betonului, a variațiilor de temperatură etc., se recomandă ca la dimensionarea secțiunii rosturilor să se aibă în vedere următoarele [6]:

— rosturile trebuie să fie astfel dispuse încît în zona rostului să nu apară alungiri de peste 30% din alungirea de rupere a materialului de închidere;

— în funcţie de solicitare, rosturile vor avea o lăţime de 3—5 ori mai mare decît alungirea probabilă;

— adîncimea de umplere a rosturilor să fie de circa 50—100% din lăţimea rostului. Pentru asigurarea alungirii luate în calcul se recomandă să se introducă la fundul rostului o bandă de carton uns cu parafină sau o hîrtie impregnată cu ulei pentru a împiedica aderenţa materialului de etanşare la fundul rostului.

Masele Palesit se folosesc în lucrările hidrotehnice, de drumuri, poduri, tuneluri, ziduri de sprijin etc.

BIBLIOGRAFIE

1. Bergen, I. În: Beton i jelezobeton, nr. 12, 1964, p. 535.
2. Borisov, B. F. În: Plasticeskie Massî, nr. 9, 1961, p. 42.
3. Buhrer, R. În: Betonstein Zeitung, nr. 2, 1963, p. 79.
4. Freidin, A. S. şi Solohova, A. B. În: Beton i jelezobeton, nr. 5, 1963, p. 226.
5. Gawl, K. Apton, A. În: Civil Engineering, nr. 11, 1959, p. 507.
6. Geys, L. Der Eisenbahn Ingenieur, nr. 1, 1964, p. 20.
7. Haubitz, G. În: Bitum-Ter Asphalte — Pecke, nr. 10, 1961, p. 458.
8. Halmagiu, M. şi Haliski, D. În rev. Construcţiilor şi a Materialelor de Construcţii, nr. 9, 1963, p. 480.
9. Nockel, W. În: Baustoffindustrie, nr. 6, 1963, p. 170.
10. Ionescu, I. şi Enculescu, M. *Întrebuinţarea maselor plastice pentru impermeabilizarea şi protecţia anticorosivă a construcţiilor hidrotehnice* I.S.C.H., Bucureşti, 1963.
11. Krug Siegfried. În: Der Bauingenieur, nr. 8, 1961, p. 287.
12. Kamenski, I. V. şi alţii. În: Plasticeskie Massî, nr. 2, 1964, p. 25.
13. Lavrinovici, E. V. şi alţii. În: Ghidrotehniceskoe Stroitelstvo, nr. 8, 1962, p. 22.
14. Liessengang, H. În: Betonstein Zeitung, nr. 9, 1962, p. 439.
15. Moscianski, N. A. şi Putliaev, I. E. În: Beton i jelezobeton, nr. 3, 1965, p. 45.
16. Ney K., Postl, P. În: Der Bauingenieur, nr. 12, 1962, p. 441.
17. Parfenov, V. D. În: Beton i jelezobeton. nr. 4, 1965, p. 41.
18. Skeist, Irving şi alţii. *Handbook of Adhesives*, Reinhold Publishing Corporation — Chapman Et Hall Ltd., London, 1964.
19. Solomatov, V. I. În: Beton i jelezobeton, nr. 1, 1963, p. 30.
20. Wakeman, M. C. şi alţii În: La Tehnique des Travaux, nr. 11—12, 1962 p. 377.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL V

VERIFICAREA CALITĂȚII MATERIALELOR PE BAZĂ DE COMPUȘI MACROMOLECULARI ȘI STABILIREA COMPOZIȚIILOR

Comportarea unui material sau a unui element de construcție la acțiunea diferiților agenți fizico-chimici din mediul înconjurător, precum și sub acțiunea sarcinilor permanente sau accidentale, depinde de structura, de compoziția și de modul de punere în operă a materialului. Din aceste motive, în cazul concret al oricărei lucrări se începe cu studiul condițiilor privind acțiunea mediului înconjurător, a solicitărilor din sarcini permanente și utile etc., pe care trebuie să le satisfacă lucrarea gata executată în condiții bine determinate, în ce privește rezistența și durabilitatea.

În cazul mortarelor și betoanelor cu compuși macromoleculari, materiale introduse recent în tehnica construcțiilor, situația este foarte complexă. Aceasta din cauza varietății și a calității materialelor componente în funcție de un număr mare de factori, a dependenței proprietăților materialului proaspăt și întărit atît de materialele componente, cît și modul de amestecare și punere în operă, temperatura de lucru, temperatura și umiditatea mediului înconjurător în intervalul de timp imediat următor execuției lucrării etc. La cele de mai sus se adaugă lipsa de experiență pentru majoritatea celor care folosesc noile materiale și faptul că pentru

Scanned with OKEN Scanner

controlul și determinarea proprietăților acestora nu există în prezent normative, condiții tehnice sau standarde, ca în cazul materialelor clasice.

În acest caz, majoritatea cercetătorilor ținînd seamă de unele particularități ale noilor materiale, în special la confecționarea și conservarea epruvetelor pînă la data încercării, au folosit pentru determinarea proprietăților noilor materiale metodologia stabilită pentru materialele clasice (mortare și betoane de ciment). Acest mod de stabilire a proprietăților mortarelor și betoanelor pe bază de compuși macromoleculari prezintă avantajul de a putea compara rezultatele obținute la încercarea noilor materiale cu materialele clasice similare. Prezintă însă dezavantajul că unele dintre metodele stabilite pentru materialele clasice nu duc la obținerea de rezultate întrutotul concludente la încercarea materialelor pe bază de compuși macromoleculari și nu pun în evidență suficient de bine influența mediului asupra proprietăților noilor materiale. Astfel, în paralel cu activitatea de introducere a mortarelor și betoanelor cu compuși macromoleculari în practica curentă de execuție a lucrărilor de construcții, trebuie efectuată o muncă laborioasă de cercetare pentru a stabili influența tuturor factorilor posibili asupra proprietăților noilor materiale; trebuie analizat în ce măsură metodologia stabilită pentru încercarea materialelor clasice urmează a fi completată sau înlocuită cu o metodologie nouă, corespunzătoare caracteristicilor și proprietăților noilor materiale. De asemenea este necesară studierea comportării în diferite condiții de exploatare a lucrărilor, executate cu mortare și betoane pe bază de compuși macromoleculari, pentru a se corela rezultatele obținute în laborator, cu cele care se obțin în exploatare.

În continuare se indică un program general de încercări pe baza recomandărilor din literatura de specialitate, avîndu-se în vedere și standardele în vigoare în țara noastră.

Scanned with OKEN Scanner

1. MORTARE ŞI BETOANE CU LIANŢI MINERALI ŞI COMPUŞI MACROMOLECULARI

Încercări şi verificări asupra materialelor folosite: lianţii minerali — cimenturi — încercări fizice şi mecanice — STAS 227/1949; analiză chimică — STAS 226/1959;

— suplimentar este necesar să se verifice pe pastă de ciment influenţa adaosurilor de compuşi macromoleculari asupra proprietăţilor pastei de ciment, în special asupra timpului de priză şi a constanţei de volum a cimenturilor;

— lianţii organici — compuşi macromoleculari — pentru lucrările importante este necesară verificarea caracteristicilor acestora în cadrul unui laborator de specialitate al M.I.Ch (deoarece în prezent laboratoarele care efectuează încercări pe materiale de construcţii nu pot să verifice proprietăţile lianţilor organici); pentru lucrări mai puţin importante se va cere producătorului buletin de analiză cu toate determinările şi condiţiile de calitate prevăzute de condiţiile tehnice M.I.Ch. pentru produsele industriei chimice care se folosesc ca lianţi organici;

— agregatele minerale — se vor efectua în principal determinările prevăzute de standardele 5369/1956; 1667/1962; 4606/1964 şi după caz, determinări suplimentare în funcţie de necesităţi;

— apa de amestecare trebuie să corespundă prevederilor STAS 790/1961.

Încercări pe mortare şi betoane: determinările asupra materialului proaspăt (consistenţa, lucrabilitatea, densitatea aparentă, volumul de aer antrenat din betonul proaspăt, tendinţa de segregare la mortare etc.) se efectuează după STAS 2634/1960; 1759/1950; 1275/1962; 5479/1957; 5715/1962;

— determinări asupra raportului optim liant organic/liant mineral;

Scanned with OKEN Scanner

— determinări asupra materialului întărit;

— determinarea densității și compactității STAS 2414/1962;

— determinarea rezistențelor mecanice (compresiunea, întinderea axială, întinderea prin despicare, încovoierea) după STAS 1275/1962; 1759/1950 și 2635/1959;

— determinarea rezistenței la uzură prin șlefuire — STAS 5501/1957 — se va observa că epruvetele cu unele adaosuri nu pot fi aduse la greutate constantă prin uscarea în etuvă la 105°C și urmează a se stabili, de la caz la caz, dacă epruvetele se aduc la greutate constantă prin uscare la temperaturi de 50—70°C, sau se încearcă cu umiditatea naturală;

— determinarea gradului de impermeabilitate față de apă — STAS 3519/1952;

— determinarea rezistenței la îngheț-dezgheț, STAS 3518/1952;

— determinarea modulului de elasticitate static, STAS 5585/1962;

— determinarea modulului de elasticitate dinamic;

— determinarea fluajului;

— determinarea rezistenței la agresivitate chimică;

— determinarea aderenței la suprafețe de mortar, beton metal etc., pe baza datelor prezentate la cap. II; III și STAS 5511/1957.

2. MORTARE ȘI BETOANE CU COMPUȘI MACROMOLECULARI FĂRĂ LIANȚI MINERALI. CHITURI PENTRU ROSTURI

Lianții organici se verifică ca la pct. I.

Agenții întăritori, plastifianții, eventual dizolvanții se vor verifica, în ce privește calitatea, într-un laborator de specialitate, iar proporțiile optime în care se folosesc aceștia la prepararea mortarelor și betoanelor a diferitelor compoziții de chituri pentru rosturi etc. se vor stabili pe bază de încercări preliminare în funcție de condițiile concrete de lucru;

Scanned with OKEN Scanner

Agregatele folosite se vor încerca pe baza indicaţiilor de la cap. III şi IV — privind condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească agregatele folosite la prepararea mortarelor şi betoanelor cu compuşi macromoleculari fără lianţi minerali. Rapoartele optime liant organic — agregat se vor stabili pe bază de încercări preliminare, avîndu-se în vedere condiţiile principale, pe care trebuie să le îndeplinească o anumită lucrare;

Materialul proaspăt şi întărit, în cazul mortarelor şi betoanelor se va încerca pe baza indicaţiilor de la cap. III, a standardelor şi recomandărilor de la pct. I.2 pentru determinarea proprietăţilor materialului întărit şi, de la caz la caz, se vor prevedea încercări speciale;

În cazul materialelor pentru rosturi, închiderea fisurilor, impermeabilizarea şi protecţia superficială a betonului etc. se recomandă ca programul de încercări să fie stabilit în funcţie de tipul lucrării şi condiţiile de lucru în exploatare, stabilindu-se în prealabil necesitatea de a se folosi mortare sau chituri pe bază de compuşi macromoleculari, necesitatea de a se asigura transmiterea de forţe, sau de a se asigura îmbinări elastice, eventual necesitatea închiderii fisurilor cu deschideri variabile la diferite lucrări de beton concomitent cu impermeabilizarea acestora etc. De exemplu, în cazul îmbinărilor elastice, se recomandă [1]:

— încercări de alungire;

— încercări de aderenţă la suprafeţe de mortar şi beton;

— încercări de impermeabilitate la o presiune a apei de cel puţin două ori mai mare decît cea din exploatare;

— încercări la variaţia temperaturii în intervalul —15... ... + 80°C, sau după necesităţi;

— verificarea durităţii după Shore, S, — conform prescripţiilor pentru determinarea durităţii Shore, S, a cauciucului moale (DIN 53505);

— verificarea rezistenței la variația repetată a deschiderii fisurilor;

— verificarea rezistenței la uzură, a rezistenței la imersiune în apă timp îndelungat, în cazul în care aceasta este cerută de condițiile de exploatare etc.

BIBLIOGRAFIE

1. Bührer, R. În: Bauwirtschaft, seria B, nr. 3, 1963, p. 79.
2. Rechner, L., Laval, G. În: Analles de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, nr. 193, 1964, p. 1.
3. Siegfried, Krug. În: Der Bauingenieur, nr. 8, 1961, p. 287.
4. Steopoe, Al., Materiale de Construcție, București, Editura tehnică, 1964.

Scanned with OKEN Scanner

3

CAPITOLUL VI

PROTECȚII ȘI IMPERMEABILIZĂRI SUPERFICIALE PE BAZĂ DE MATERIALE CU LIANȚI MINERALI ȘI COMPUȘI MACROMOLECULARI. REPARAȚII LA ELEMENTE ȘI SUPRAFEȚE DE BETON

Protecțiile pe bază de materiale cu lianți minerali și compuși macromoleculari se diferențiază, în principal, după condițiile pe care trebuie să le îndeplinească lucrarea la care se execută în exploatare. Astfel, protecțiile pot să se prezinte sub forma unor straturi groase de beton, cu adaosuri de compuși silico-organici executate în zona *A* la barajele centralelor hidroelectrice, sub formă de straturi de beton sau de mortar cu compuși silico-organici, sau cu alți compuși macromoleculari care protejează betonul obișnuit de efectul destructiv al fenomenului de îngheț-dezgheț repetat, împotriva uzurii mecanice și a anumitor tipuri de coroziune chimică în pereții ecluzelor, bazinelor de liniștire de la centralele hidroelectrice, diguri, cheiuri, în pereele canalelor de aducțiune deschise, infrastructura podurilor etc. și pînă la straturi subțiri de protecție a betonului în construcții civile și industriale executate prin pulverizare sau prin pensulare.

În prezent, în construcții se întrebuințează pe scară industrială în S.U.A., R.F.G., Suedia, U.R.S.S. etc. straturi de protecție din mortare de ciment cu adaos de latex de cauciuc sintetic, sau cu adaos de poliacetat de vinil, în funcție de următoarele considerente:

Adaosul de latex de cauciuc sintetic se folosește cu bune rezultate, în special în cazurile unde se folosesc mortare cu dozaje de ciment bogate (de obicei 1 : 1 — 1 : 2) și unde,

Scanned with OKEN Scanner

adăugat în procent corespunzător față de ciment (v. și cap. II), conferă mortarelor de ciment aderență sporită la betonul vechi, grad ridicat de impermeabilitate, rezistență sporită la unele acțiuni chimice agresive, rezistență mare la uzură prin abraziune mecanică, rezistență mare la șoc etc., fără ca rezistența la compresiune redusă (datorită elasticității mari a materialului) să influențeze calitatea lucrărilor cu astfel de straturi de protecție. Astfel de lucrări sînt: tencuieli impermeabile la rezervoare de apă; produse petroliere, la decantoare și stații de epurare a apelor uzate, straturi impermeabile pe dalele prefabricate de beton folosite în execuția canalelor pentru transportul apei, tuburi de canalizări etc. tencuieli executate în straturi subțiri pe elementele de beton armat din diferite construcții industriale, unde se produc degajări de substanțe nocive, care corodează betonul sau armătura în cazul elementelor fisurate, periclitînd stabilitatea construcției (diferite construcții din industria chimică, depouri de locomotive, construcții în industria minieră și siderurgică etc.). Straturile superioare ale pardoselilor în garaje, ateliere mecanice și hale industriale, în care pe pardoseală se produc scurgeri de produse petroliere, uleiuri etc. și în toate cazurile în care se cer materiale cu rezistență mare la șoc.

Pentru realizarea unor lucrări de bună calitate, la execuția protecțiilor cu materiale pe bază de latex de cauciuc sintetic este necesar ca suprafețele pe care se aplică protecțiile să fie curățate în prealabil de praf, uleiuri etc., iar stratul de protecție să fie ferit de vînt, curenți de aer, încălzire puternică etc. primele 24 h. Este indicat ca, în acest interval, pentru atenuarea contracției inițiale (și evitarea fisurării), straturile proaspăt realizate să fie ținute în mediu umed.

Mortarele cu adaos de poliacetat de vinil (5—15% substanță solidă din greutatea cimentului) se folosesc pe scară mare, în S.U.A., R.F.G., Suedia, R.D.G. etc. deoarece aderă bine la suprafețele de beton și mortar uscate și umede, au rezistență foarte mare la întindere și încovoiere, rezistență la compresiune egală sau puțin mai scăzută decît a mortarelor fără adaos, rezistență foarte mare la uzură prin abraziune mecanică, rezistență bună la unele tipuri de coroziune chimică și îngheț-dezgheț repetat, permeabilitate scăzută, au o tehnologie de preparare simplă etc., care permite folosirea acestora cu bune rezultate tehnico-economice în următoarele direcții:

Scanned with OKEN Scanner

— straturi de uzură la șosele de mare trafic și piste de aviație, ca și pentru repararea suprafețelor și elementelor de beton deteriorate în lucrările de drumuri și în construcții civile și industriale. Experiența suedeză și a R.F.G., de circa 10 ani, în această direcție, arată că materialele cu adaos de poliacetat de vinil au o bună durabilitate în timp. În țara noastră reparațiile experimentale ale unor porțiuni de drumuri betonate cu mortare cu poliacetat de vinil executate de I.S.C.H în anul 1961 după circa 4 ani arată o bună comportare a acestor materiale sub acțiunea traficului și agenților climatici [3, 4];

— tencuieli impermeabile la canale pentru transportul apei. Și în acest caz lucrările experimentale executate de I.S.C.H. în anul 1961, privind impermeabilizarea cu mortar cu poliacetat de vinil a unor canale de irigații executate din beton, indică rezultate bune atît în ce privește impermeabilizarea, cît și comportarea în timp sub acțiunea apei și agenților climatici [1, 4];

— mortarele cu poliacetat de vinil au fost experimentate de I.P.C.M.C. pentru protecții superficiale la hidrocicloanele instalației de înnobilare a nisipurilor de la Sticloval — Vălenii de Munte, care funcționează în condiții grele (abraziune foarte puternică în mediu umed și coroziune chimică datorită acidului sulfuric diluat, folosit în procesul tehnologic) — rezultatele fiind de asemenea bune, după circa un an de experimentare [5];

— mortarele cu adaos de poliacetat de vinil au fost folosite experimental de M.I.Ch. în iarna anului 1964—1965 pentru execuția de protecții superficiale (tencuieli impermeabile) la un canal colector de beton armat de la Combinatul Chimic Turnu-Măgurele, în care se produc scăpări de acid sulfuric în timpul exploatării.

Datorită rezistenței mari la uzură, mortarele cu adaos de poliacetat de vinil pot fi folosite la realizarea pardoselilor în halele industriale, la realizarea straturilor de protecție a pereților transportoarelor de minereuri și la buncărele silozurilor etc.

Materialul documentar [2, 4, 6, 8] mai indică folosirea cu bune rezultate a mortarelor cu adaos de poliacetat de vinil (sau numai a chiturilor și suspensiilor de ciment, nisip fin și poliacetat de vinil, care pot fi aplicate prin șpacluire, pensulare, sau pulverizare — după nevoi), pentru protecția construcțiilor civile și industriale din industria chimică,

Scanned with OKEN Scanner

din transportul feroviar, de pe litoralul mării, ca și pentru protecția stîlpilor de beton armat folosiți pentru susținerea firelor electrice în transportul feroviar, a traverselor de beton armat etc. Și în cazul protecțiilor cu materiale cu adaos pe bază de poliacetat de vinil se recomandă pregătirea prealabilă a suprafețelor și asigurarea mediului cu umiditate ridicată în primele 24 h de la aplicare pentru reducerea contracției inițiale a materialului.

De asemenea se recomandă ca protecțiile să fie realizate din mai multe straturi subțiri, fiind necesar ca acestea să nu fie supuse la acțiunea apei în exploatare (unde este cazul), înainte de a se fi întărit suficient în aer cu umiditate scăzută.

În cazul cînd sînt necesare protecțiile cu rezistență sporită la acțiunea apei [2], este indicat să se reducă sensibilitatea poliacetatului de vinil la acțiunea apei, prin adaosuri de compuși ureo-formaldehidici, melamino-formaldehidici, ureo-melamino-formaldehidici, în procent de 5—15% din greutatea poliacetatului de vinil (exprimat în substanță solidă), cu observația că deși în lucrările de laborator, la verificările pe baza metodologiei actuale, poliacetatul de vinil este sensibil într-o anumită măsură la apă, numeroase lucrări bine executate în ultimii 10—15 ani cu diferite materiale cu adaos de poliacetat de vinil se comportă bine în exploatare, astfel că folosirea materialelor de corecție trebuie cerută cu atenție, deoarece în majoritatea cazurilor folosirea acestora poate să nu fie necesară.

BIBLIOGRAFIE

1. Antonescu P. I. și alții. *Studii de Geotehnică, Fundații și Construcții Hidrotehnice*, VI, București, I.S.C.H., 1963, p. 143.
2. Artamonov, V. S. În: Beton i jelezobeton. nr. 7, 1962, p. 317.
3. Ionescu I. și Goldstein, M. *Studii de Geotehnică, Fundații și Construcții Hidrotehnice*, VI, București, I.S.C.H., 1963, p. 103.
4. Ionescu, I. și Enculescu, M. *Întrebuințarea maselor plastice pentru impermeabilizarea și protecția anticorosivă a construcțiilor hidrotehnice*, București, I.S.C.H., 1964.
5. Ionescu, I. și alții. În: Rev. Materiale Plastice, nr. 2, 1965, p. 91.
6. Kranz, S. În: Strassen und Tiefbau, nr. 12, 1962, p. 1197.
7. Moskvin, V. M. și Batracov, V. G. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1964, p. 51.
8. Solomatov, I. V. În: Beton i jelezobeton, nr. 9, 1964, p. 417.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VII

PROTECȚII ȘI IMPERMEABILIZĂRI SUPERFICIALE PE BAZĂ DE COMPUȘI MACROMOLECULARI FĂRĂ LIANȚI MINERALI

1. GENERALITĂȚI. CLASIFICARE

Asigurarea durabilității și a bunei funcționări a diferitelor lucrări de construcții, a elementelor de construcții, instalații mecanice și utilaje tehnologice executate din beton, beton armat sau oțeluri obișnuite, a căpătat în prezent o importanță excepțională. În același timp, o importanță deosebită se acordă folosirii, în toate cazurile posibile, a betonului de ciment (beton armat, precomprimat, torcretat etc.), în locul materialelor deficitare și costisitoare — oțel și fontă. Căile de asigurare a durabilității, indicate de tehnologia clasică a lucrărilor de beton și metal, prezintă mai multe inconveniente, dintre care: preț de cost ridicat și faptul că reușita operațiilor este discutabilă din punct de vedere calitativ. Durabilitatea betonului în construcții hidrotehnice și lucrări speciale este în funcție de mai mulți factori, dintre care permeabilitatea, rezistența la uzură, acțiunile chimice agresive etc. Rezistența în timp și buna funcționare a elementelor de construcții metalice și a instalațiilor mecanice și tehnologice sînt, de asemenea, influențate defavorabil de coroziunea chimică, abraziunea și uzura mecanică etc.

Execuția protecțiilor superficiale este impusă în majoritatea cazurilor, în principal, din următoarele considerente;

În cazul lucrărilor de beton sau de beton armat:

— impermeabilitatea și protecția împotriva coroziunii chimice și a efectelor distructive cauzate de fenomenul de îngheț-dezgheț repetat;

— protecția împotriva abraziunii și a deteriorării elementelor de beton prin uzură mecanică;

— protecția superficială cu funcțiuni complexe, impermeabilizare, precum și protecția contra abraziunii prin uzură mecanică, care în anumite cazuri pot să exercite simultan sau succesiv efecte negative asupra unei construcții sau instalații sau a unor elemente de construcție;

— pentru lucrări de reparații și întreținere la lucrările și elementele de construcții în exploatare.

În cazul elementelor de construcții metalice și al instalațiilor mecanice și tehnologice, protecția împotriva coroziunii chimice, abraziunii și uzurii mecanice, etc.

În funcție de scopul urmărit și de necesitățile practice, protecțiile superficiale sînt alcătuite din mai multe straturi de vopsele rezistente, aplicate peste un strat de grund sau de chit adecvat, din cîteva straturi (minimum două) de chituri speciale aplicate prin șpacluire, din placaje alcătuite din materiale artificiale sau naturale cu rezistență mare, din straturi de mortare sau de betoane cu compuși macromoleculari etc.

2. PROTECȚII SUPERFICIALE ȘI REPARAȚII LA BARAJE ȘI DIGURI DE BETON ȘI METAL

Mărirea durabilității betonului este o o problemă deosebită pentru betoanele din construcțiile hidrotehnice, în cazul barajelor și digurilor, în special pentru betonul din zona *A* — — zonă situată între nivelul minim și cel maxim al apelor (fig. VII.1), care are condițiile cele mai grele de lucru în exploatare. În această zonă, umiditatea alternează cu uscarea betonului, materialul fiind supus tensiunilor alternante provenite din contracție și umflare, la care se adaugă efectul

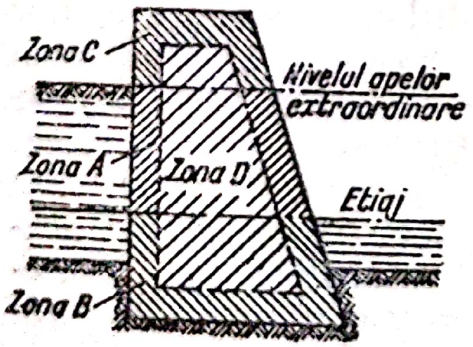


Fig. VII.1. Impărțirea în zone a betoanelor din construcțiile hidrotehnice masive.

distructiv al înghеț-dezgheţului repetat, fenomenul de coroziune în cazul apelor dulci, al apelor care conţin bioxid de carbon liber, sulfaţi, diferite săruri etc. Pentru betonul din zona *B* se cere, de obicei, grad mare de impermeabilitate și rezistenţă la unele acţiuni chimice agresive etc.

Pentru mărirea durabilităţii betonului în construcţiile hidrotehnice se pot aplica diferite soluţii, dintre care se menţionează:

— înlocuirea betonului din zona *A* cu elemente prefabricate (cu cleme de ancorare în masiv) din beton cu compuși macromoleculari impermeabil și rezistent la acţiuni chimice agresive, cu grosimea de 5—15 cm, în funcţie de presiunea apei, de necesitatea ca elementele prefabricate să fie folosite drept cofraj la execuţie etc.;

— înlocuirea betonului din zonele *A* și *B* cu elemente prefabricate din beton de ciment, protejate spre apă cu un strat subţire de mortar sau de beton cu compuși macromoleculari, impermeabil și rezistent la acţiuni chimice agresive; etanșarea rosturilor dintre elementele prefabricate realizîndu-se, de asemenea, cu adezivi sau cu chituri pe bază de compuși macromoleculari;

— aplicarea de straturi de protecţie cu grosimea cerută de necesităţile concrete de exploatare a lucrărilor pe betonul turnat în construcţie, sau pe metal în cazul construcţiei metalice, din mortare, chituri sau masticuri cu material fin de umplutură, pe bază de compuși macromoleculari.

În cazul lucrărilor de reparaţii, materialele pe bază de compuși macromoleculari, adezivi: mortare și betoane, chituri, masticuri etc. pot fi folosite în următoarele scopuri;

— pentru refacerea integrală a părţilor deteriorate a lucrărilor confecţionate cu astfel de materiale, impermeabilizarea, închiderea fisurilor etc.;

— pentru refacerea lucrărilor confecţionate cu materialele tradiţionale, scop în care materialele pe bază de compuși macromoleculari sînt folosite de obicei ca materiale de legătură între materialul vechi din lucrare și cel nou de refacere.

Din exemplele citate în literatură de specialitate în acest sens se menţionează următoarele:

Specialiștii suedezi pornind de la ideea că barajele centralelor hidroelectrice pot fi executate din beton de calitate inferioară, dacă suprafaţa lor ar fi impermeabilizată cu un

strat de material perfect impermeabil și cu rezistențe mecanice superioare, au făcut în ultimii ani încercări de folosire a compușilor macromoleculari pentru realizarea acestui strat [4, 5]. Avîndu-se în vedere condițiile aspre din nordul Suediei, în care se exploatează barajele luate în studiu, s-au ales în acest scop compușii epoxidici, avînd în vedere calitățile superioare ale acestora și rezultatele obținute în experimentările făcute în diferite țări occidentale. Betonul confecționat cu compuși epoxidici a fost aplicat pe diferite sectoare ale barajelor (în general cele care suferă deteriorări puternice în exploatare) în grosime de 5—7 cm. Rezultatele obținute sînt avantajoase din punct de vedere tehnic și economic. Din lucrările în curs de experimentare în anul 1961 se citează barajul Sudrvo.

În S.U.A. [1] adezivii pe bază de compuși epoxidici au fost folosiți în anii 1958—1959 la repararea a două baraje mari (fig. VII.2) (barajul de la Rocky-Reach pe rîul Columbia și cel de la Priest Rapids). La Rocky-Reach betonul din talpă a fost erodat în aval în 11 din cele 12 deschideri cu lățimea de 15,2 m formîndu-se caverne cu adîncimi variabile de la 1,0 pînă la 1,8 m.

Reparațiile s-au făcut cu beton de ciment a cărui aderență cu betonul vechi a fost asigurată printr-un strat intermediar de adeziv pe bază de compuși epoxidici.

Pentru reparații s-au folosit 1 800 kg adeziv rezistent la umezeală, adezivul avînd rolul de a asigura legătura între betonul vechi și cel nou. S-a lucrat după următoarea tehnologie:

— pregătirea și curățirea suprafețelor care urmau a fi reparate;

— aplicarea adezivului cu pensula pe betonul vechi;

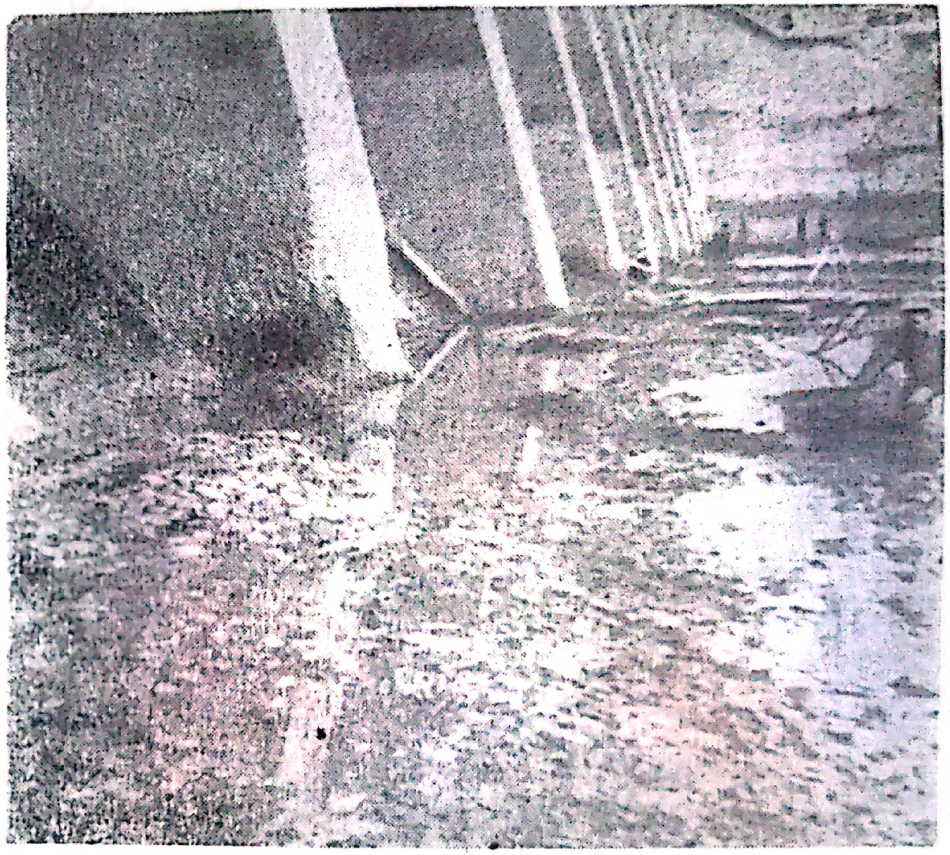
— turnarea (la 45 min după aplicarea adezivului) a betonului nou pentru reparații.

La Priest Rapids suferiseră deteriorări toate cele 22 deschideri ale barajului.

Pentru reparații s-au folosit 4 000 kg adeziv rezistent la umezeală și s-a lucrat în general după tehnologia de la Rocky-Reach, cu deosebirea că în timpul execuției lucrărilor temperatura scăzînd brusc, s-a realizat o incintă închisă și s-au folosit sobe cu care s-a asigurat temperatura de circa 30°C.

Scanned with OKEN Scanner

a



b

Fig. VII.2. Aspecte ale degradării betonului la barajele de la Rocky-Reach (*a*) și Priest Rapids (*b*).

Scanned with OKEN Scanner

În Elveția, la Magio, s-au executat în primăvara anului 1960 reparații la amenajarea hidrotehnică a unui torent [13], la care betonul suferise deteriorări puternice. Reparațiile suprafețelor mai importante s-au executat cu mortar, la prepararea căruia s-a folosit, ca liant organic, compusul epoxidic Sinmast-UW și ca agregat, corundul măcinat în amestec cu fibre de azbest. Raportul liant organic-agregat a fost de 1:5.

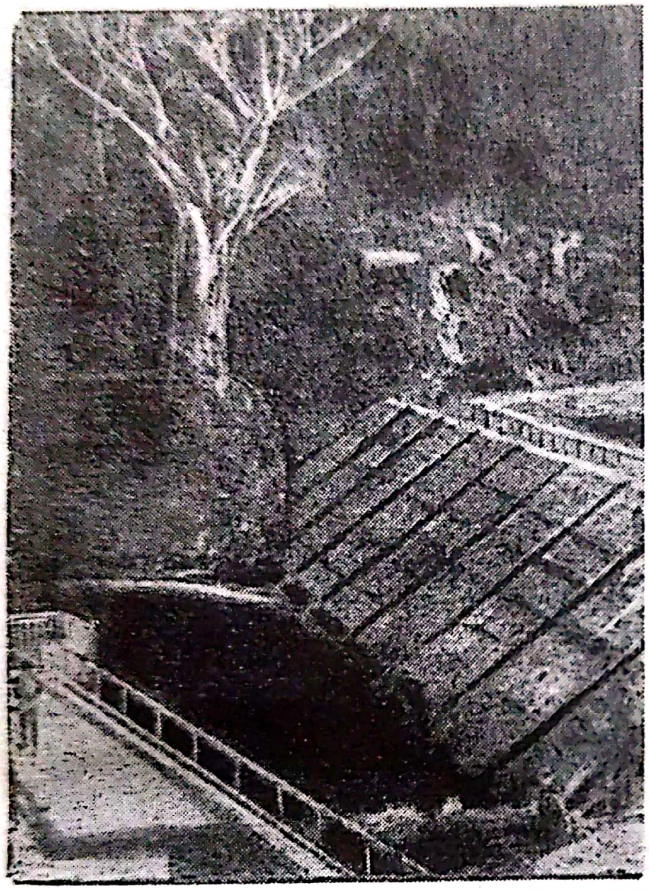


Fig. VII.3. Barajul metalic de la Sirinumu-Papua.

Lucrările de reparații astfel executate s-au comportat bine pe durata observațiilor (pînă la sfîrșitul anului 1962).

În Norvegia, barajul Nomeland de lîngă localitatea Kristiansand fisurat în exploatare, a fost impermeabilizat cu un strat de compuși poliesterici armați cu fibre de sticlă. Această impermeabilizare a fost mai economică decît impermeabilizarea cu un strat gros de beton, lucrîndu-se după următoarea tehnologie:

— curățarea și pregătirea suprafeței betonului;

— aplicarea unui strat de poliesteri, a unui strat de fibre de sticlă și a celui de-al doilea strat de poliesteri. Pentru impermeabilizarea unei suprafețe de 2 000 m² au fost necesare 10 t poliesteri și 2 t fibre de sticlă.

În Noua Guinee s-a construit un baraj metalic de 119 m lungime de la Sirinumu-Papua (fig. VII.3) cu acumulare de circa 120 milioane m³. Datorită climei din Noua Guinee la proiectare s-a avut în vedere posibilitatea dilatației construcției metalice, care s-a executat din plăci de oțel sudate cu dimensiunile 9,00 × 1,80 m, îmbinate în secțiuni D.

Scanned with OKEN Scanner

Materialul de protecție a barajului trebuia să reziste la intemperii în regiuni cu climă caldă, să fie suficient de elastic pentru a nu se deteriora la dilatarea plăcilor metalice și în același timp să fie rezistent pentru a nu fi distrus în secțiunile de îmbinare. Pe baza condițiilor formulate s-a ales ca material de protecție o compoziție pe bază de gudron și compus epoxidic Epikote. Stratul de protecție a fost aplicat prin pensulare în două straturi succesive [17].

Strehle [22] arată că betonul din construcțiile hidrotehnice poate fi protejat împotriva uzurii mecanice produsă de materialele transportate de apă în suspensie, împotriva fenomenului de îngheț-dezgheț și a acțiunilor chimice agresive, aplicîndu-se pe suprafața betonului prin torcretare sau prin șpacluire o compoziție de compuși epoxidici sau poliesterici cu material fin de umplutură, în grosime totală de 0,7—1,0 mm. Pentru asigurarea calității lucrării, grosimea stratului de protecție de 0,7—1,0 mm se realizează aplicînd materialul în două-trei straturi subțiri pe suprafața de protejat.

În ultimii ani au început să se utilizeze și protecțiile superficiale realizate prin acoperire cu neopren (soluție de cauciuc cloroprenic la care, înainte de întrebuințare, se adaugă reactivul de vulcanizare) și hipalon (polietilenă clorsulfonată avînd rezistență mare la ozon și la alți oxidanți), policlorură de vinil etc.

Elementele de construcții metalice ale barajelor se protejează contra coroziunii chimice cu compoziții perclorvinilice sau epoxidice aplicate în mai multe straturi prin pensulare sau prin pulverizare sub presiune [14, 22].

3. PROTECȚII LA LUCRĂRI PENTRU TRANSPORTUL ȘI ÎNMAGAZINAREA APEI ȘI LUCRĂRI SPECIALE SIMILARE

În categoria lucrărilor pentru transportul și înmagazinarea apei, cum și a lucrărilor speciale similare, betoanele din pereții ecluzelor și camerele de liniștire de la centralele hidroelectrice, elevațiile infrastructurii podurilor și betonul din pereele canalelor de beton deschise pentru transportul apei sînt supuse acelorași solicitări ca și betoanele din zona *A* a barajelor, astfel că în funcție de situația reală din exploatare și a analizei tehnico-economice, de la caz la caz, este

indicat să se prevadă protecțiile superficiale menționate la ptc. 1—2.

a. *Lucrările pentru transportul apei sub presiune în exploatare*

Lucrări din beton și beton armat. În cazul aducțiunilor pentru centralele hidroelectrice, executate în roci cu un anumit grad de alterare, care se deformează mult sub presiunea apei din conducta de aducțiune, căptușeala obișnuită de beton fisurează, avînd drept consecință pierderi importante de apă, care pot periclita stabilitatea și buna funcționare a lucrării în cazul în care trec prin roci solubile, fiind în același timp dezavantajoase pentru exploatarea rațională a amenajărilor etc. Din acest motiv, impermeabilizarea aducțiunilor se asigură prin îmbrăcarea cu blindaje metalice sau cu elemente de beton precomprimat, a căror impermeabilitate se asigură pe baza a diferite procedee brevetate. Aceste sisteme de impermeabilizare, pe lîngă multe avantaje, prezintă și dezavantajele unei execuții greoaie, al prețului de cost ridicat etc., motive suficiente pentru a-i determina pe constructori să caute noi soluții de impermeabilizare, între care și cele privind folosirea în acest scop a compușilor macromoleculari.

Studiile efectuate [5, 9] au arătat că pentru aprecierea calității unui strat de impermeabilizare, acesta ar trebui să reziste (în cazul fisurării betonului din căptușeala galeriei) minimum trei zile la o presiune continuă de 20 kgf/cm², în cazul fisurilor de 3 mm lățime, fără să fie strivit (tăiat) de marginile fisurii. De asemenea, pentru verificarea aderenței stratului de impermeabilizare pe bază de compuși macromoleculari, la beton trebuie luate în considerație solicitările în lungul aducțiunii cauzate de variația temperaturii, contracția betonului etc. și în special solicitările pe care le exercită apa asupra stratului impermeabil (în cazul golirii canalului de aducțiune), în lungul fisurilor apărute în rocă și beton. În cazul folosirii materialelor din compuși macromoleculari nu se pun probleme în ceea ce privește rezistența la apele agresive, deoarece aceste materiale sînt rezistente la diferite tipuri de acțiuni chimice agresive. Pe baza celor menționate s-au formulat condițiile ce trebuie îndeplinite

de materialele folosite pentru impermeabilizări în astfel de cazuri [8], după cum urmează:

— materialul trebuie să rămînă impermeabil, chiar în cazul solicitărilor de întindere pînă la rupere. Pentru rezistența la întindere a materialului de etanșare se consideră suficientă o rezistență de circa 20 kgf/cm², avînd în vedere solicitările la care acesta este supus;

— modulul de elasticitate E trebuie să fie de 30 000—50 000 kgf/cm² și alungirea la rupere de minimum 5—10%. Aceste valori rezultă din necesitatea ca stratul impermeabil să acopere fisurile din beton și să preia o anumită cotă din solicitările de întindere;

— rezistența la presiune pe fantă reprezintă o valoare empirică și se stabilește din condiția ca în cazul fisurării betonului, cu toată elasticitatea, stratul impermeabil să fie suficient de rigid pentru a nu fi presat în fisură și tăiat de marginile acesteia. Este necesar ca la încercări stratul de impermeabilizare care acoperă o fantă de 100 × 3 mm să reziste trei zile la o presiune de minimum 20 kgf/cm² fără să se deterioreze;

— aderența la beton reprezintă unul dintre parametrii care trebuie bine analizați, de la caz la caz, din următoarele considerente: un strat impermeabil, cu aderență redusă, necesită un inel de sprijin interior din beton torcretat sau din alt material; un strat cu aderență mare la beton este mai sigur în cazul conductei goale și al exercitării unei presiuni de către apa din roca infiltrată prin fisuri, însă este necesar în același timp ca stratul impermeabil să acopere fisurile din beton alungindu-se și, deci se impune desfacerea acestuia de ambele părți ale fisurii (fig. VII.4, *a* și *b*), căci altfel s-ar rupe întrucît nici un material nu se poate alungi peste o anumită limită;

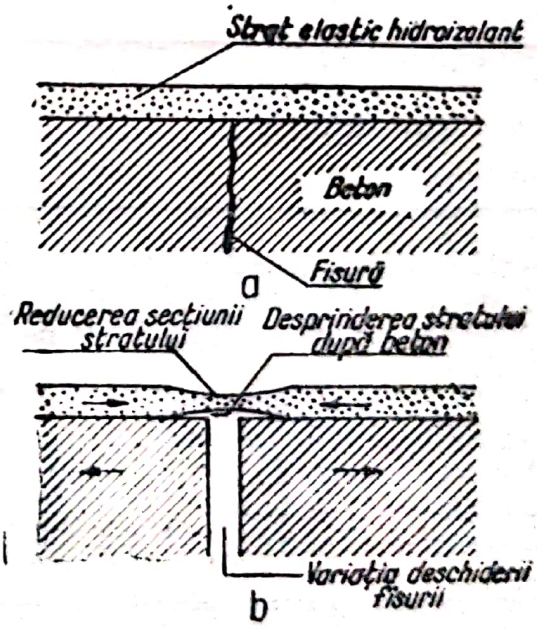


Fig. VII.4. Solicitarea stratului elastic hidroizolator în cazul variației deschiderii fisurilor betonului.

— grosimea stratului impermeabil are, de asemenea, un rol important, întrucît efortul de întindere care apare în material scade cu creșterea grosimii stratului impermeabil, deoarece în cazul cînd efortul de întindere este mai mic decît efortul de aderență la beton și rezistența la rupere nu este atinsă chiar la cele mai mari deschideri ale fisurii, stratul impermeabil rămîne intact și aderent la beton;

— stratul impermeabil trebuie să fie suficient de rezistent la abraziune prin uzură mecanică produsă de eventuale materiale fine transportate de apă și în același timp să aibă o bună stabilitate în timp a proprietăților inițiale, să poată fi aplicat pe betonul cu un anumit grad de umiditate, în condiții avantajoase în ce privește execuția și prețul de cost în raport cu procedeele clasice.

Pe baza celor stabilite anterior s-au făcut încercări de laborator și semiindustriale asupra diferitelor materiale care pot fi folosite ca strat de impermeabilizare. Unele rezultate ale încercărilor de laborator [8] sînt redate în tabela VII.1.

Tabela VII.1

Proprietățile materialelor încercate pentru folosire ca strat impermeabil în lucrări ce se află sub presiune în exploatare

Materialul	Rezistența, kgf/cm²			Modul de elasticitate kgf/cm²·10³	Alungirea la rupere %
	Întindere	Aderența la forfecare	La presiunea pe fantă*)		
Folii poliizobutilenă (Rhepanol)-1,5 mm	33	—	17	—	420
Poliester armat cu 20% fibre de sticlă	520	16	26	28—33	1,2–2
Naftoflex K-19 (cauciuc)	24	18	2	—	409
Naftoflex K-25 (cauciuc)	16	11	4	—	533
Toilux (cauciuc)	—	2	2	—	101
Sinmast-4**) (Epoxi)	137	(Z)	>30	24	1,8
Sinmast-7 (Epoxi)	18	(Z)	—	8	125

*) Fantă — 3 × 200 mm.

**) S-a folosit un mortar cu raport liant organic : agregat de 1 : 3 (Z). Aderența este mai mare decît rezistența betonului, astfel că la încercări are loc dizlocarea unui strat de beton.

Scanned with OKEN Scanner

Se menționează că aderența poliesterului la beton crește cu vîrsta betonului (scăderea umidității betonului) și în cazul cînd pe beton s-a aplicat în prealabil un grund. Comportarea materialelor la încercări de fisurare a betonului și variația deschiderii fisurilor au fost diferite; astfel:

— straturile impermeabile de tip cauciuc (Toilux și Naftoflex) în grosime de 4 mm acoperă fisuri cu deschideri pînă la 3 mm fără a se rupe;

— stratul de poliester, armat din cauza alungirii reduse și a rezistenței foarte mari la întindere, a început să se dezlipească de pe beton la apariția primelor fisuri, lungimea stratului dezlipit crescînd pe măsură ce s-au mărit deschiderile fisurilor. Dezlipirea stratului de poliester după beton a continuat pînă cînd a atins lungimea care permitea alungirea necesitată de deschiderea fisurilor epruvetelor;

— în cazul compușilor epoxidici, tipurile elastice s-au alungit puțin subțiindu-se, însă neavînd posibilități de întindere liberă (datorită aderenței foarte puternice a acestor materiale la beton), stratul hidroizolant s-a rupt la marginea fisurii. Pentru remediere, laboratorul Sinmast a propus ca stratul impermeabil (în cazul folosirii compușilor epoxidici) să fie realizat din două straturi, și anume:

— pe beton s-a aplicat un prim strat de 2 mm grosime alcătuit din material cu elasticitate mare, de tipul Sinmast-7. Peste primul strat (încă neîntărit) s-a aplicat al doilea strat din material cu elasticitate medie de tipul Sinmast-4. Din considerente economice și pentru mărirea rezistenței la uzură, stratul al doilea a fost alcătuit din mortar cu nisip cuarțos 1:3 în greutate (fig. VII.5, *a* și *b*). Procedeul propus s-a dovedit avantajos; stratul inferior elastic a fost rupt peste fisură, însă a permis ca stratul superior să se alungească liber și să asi-

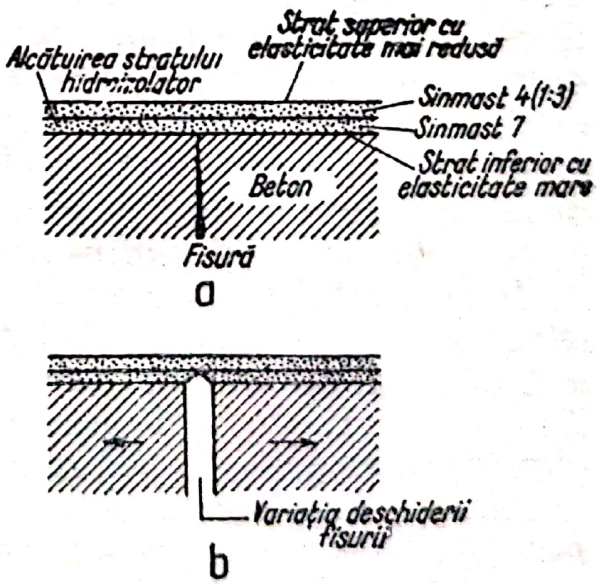


Fig. VII.5. Alcătuirea stratului impermeabil din două straturi pe bază de compuși Sinmast.

gure acoperirea fisurii. Încercările la presiune pe fantă au arătat că, în acest caz, apa din rocă (din exteriorul aducțiunii) nu deteriorează stratul impermeabil, deoarece nu poate pătrunde ca o pană între beton și stratul impermeabil, cum se întîmplă în cazul folosirii stratului de poliester. Se mai menționează că unele produse Sinmast — tipul UW au aderență bună și la betonul umed, întărindu-se chiar și sub apă, ceea ce permite ca straturile impermeabile executate cu aceste materiale să poată fi reparate foarte ușor.

Rezultatele încercărilor de laborator au fost verificate prin execuția de lucrări semiindustriale după cum urmează:

— impermeabilizarea a două conducte (20 m lungime și diametrul de 3,60 m în anul 1958 și 12 m lungime și diametrul 2,6 m în anul 1959) cu folii de Rhepanol (poliizobutilenă), ai căror pereți de beton aveau grosimea de 20—30 cm; stratul impermeabil la lucrările din anul 1959 s-a executat prin lipirea cu bitum cald pe beton a unei folii de 2 mm grosime, peste care s-a aplicat un alt strat de bitum și o folie de 1,5 mm grosime.

Pe ultima folie s-a aplicat un strat de bitum peste care s-a presărat nisip pentru o mai bună aderență cu inelul interior din beton torcretat.

S-a ridicat presiunea interioară treptat cîte 5 kgf/cm² și s-a menținut constantă cîteva ore. După atingerea unei presiuni de 30 și 50 kgf/cm², conducta s-a descărcat și s-a reluat încercarea de la 0. Presiunea maximă realizată a fost de 76 kgf/cm². Pierderile de apă în conducta astfel impermeabilizată au fost aproximativ constante la 0,7 l/s și 1 000 m² pentru presiuni pînă la 25 kgf/cm²; de 2,0 l/s și 1 000 m² după depășirea presiunii de 30 kgf/cm² și de 4,0 l/s și 1 000 m² la presiuni peste 70 kgf/m².

Impermeabilizarea unei conducte de presiune (săpată în stîncă și căptușită cu 20—30 cm beton) de 12,3 m lungime și 2,60 m diametru s-a executat cu poliesteri armați cu fibre de sticlă. În realizarea acestei lucrări după aplicarea unui grund de poliester pe beton s-a realizat stratul de poliester armat, folosindu-se pulverizarea cu un pistol special cu trei duze, astfel — prima duză pulverizează compusul poliesteric cu inițiatorul de polimerizare, cea de-a doua pulverizează acceleratorul de întărire, iar cea de-a treia fibrele de sticlă pentru armare (tăiate la lungimea de 10 cm), în procent de circa 20%

Scanned with OKEN Scanner

din liant care se înglobau în stratul proaspăt pulverizat de compus poliesteric. Stratul astfel realizat s-a compactat prin vălțuire cu rulouri din piele de miel. După vălțuire stratul armat a fost acoperit cu un strat de compus poliesteric pulverizat, peste care s-a presărat nisip pentru aderență mai bună cu inelul interior de beton torcretat de 5—6 cm grosime. Grosimea stratului de poliester armat a fost în total de 3 mm, realizîndu-se o productivitate de 50 m² pe schimb și aparat. După întărirea stratului și montarea aparatelor de control s-a pompat apă și s-a ridicat presiunea în trepte de 5 și 10 kgf/cm², cu descărcări succesive la 0. Pierderile de apă au fost neînsemnate la presiuni pînă la 10 kgf/cm², după care au atins valoarea de 0,5 l/s și 1 000 m², continuînd să crească astfel că la presiunea de 56 kgf/cm² au atins valoarea de 4,21 l/s și 1 000 m². După descărcare și ridicarea din nou a presiunii în zilele următoare nu s-au înregistrat creșteri ale pierderilor de apă, ceea ce a dus la părerea că stratul impermeabil a avut unele defecte de execuție, fără însă să sufere deteriorări în timpul încercărilor. Pe baza lucrărilor experimentale s-au pus la punct metode electrice pentru controlul grosimii și porozității stratului impermeabil din poliesteri armați cu fibre de sticlă și s-a stabilit ca diferitele straturi ale acestuia să fie pulverizate cu două aparate cu compuși poliesterici colorați diferit.

Ca aplicații industriale ale procedeelor studiate se citează impermeabilizarea galeriei de aducțiune a centralei hidroelectrice Hinterhein în anul 1960, pe o lungime de 236 m și diametru de 2,50—2,60 m, cu un strat de poliester armat cu fibre de sticlă în grosime totală de 3 mm care s-a aplicat pe stratul de beton de 20 cm grosime. Verificările de probă efectuate mai multe zile în șir au arătat că pierderile de apă prin impermeabilizare sînt de circa 0,116 l/s și 1 000 m², fără să se observe ulterior creșterea pierderilor de apă. Impermeabilizarea realizată se află în bună stare după circa 3 ani de exploatare curentă.

La altă lucrare [5] execuția hidroizolației galeriei de aducție s-a executat după cum urmează: roca fisurată a fost căptușită cu un strat de beton torcretat, peste care s-a realizat, prin pulverizare în patru straturi subțiri, stratul impermeabil din poliester armat cu fibre de sticlă silanizate. Grosimea totală a stratului impermeabil a fost de 3—4 mm. Presarea stratului

Scanned with OKEN Scanner

s-a realizat cu role din piele de miel. Pentru controlul execuției fiecare strat de poliester a fost colorat diferit, iar calitatea lucrării s-a verificat prin metode optice și acustice.

La Institutul Ghidroproiect U.R.S.S. s-a studiat impregnarea betonului cu un monomer stirenic cu viscozitatea de 0,8 cP, care pătrunde foarte ușor în beton pe o adîncime de 20—25 mm. La încălzirea ulterioară pînă la 60°C, monomerul stirenic polimerizează în porii betonului, transformîndu-se în polistiren, obținîndu-se un material foarte rezistent și insolubil în apă, iar betonul se impermeabilizează. Pentru reușita operației este necesar ca betonul să fie în prealabil bine uscat, cel puțin pe adîncimea de impregnare.

Lucrări executate total sau parțial din metal. În Anglia [24] s-a studiat folosirea compușilor macromoleculari pentru realizarea straturilor interioare de protecție a blindajului metalic din galeriile de aducțiune și conductele forțate ale uzinelor hidroelectrice, contra coroziunii și abraziunii. Rezultatele cele mai bune în cursul experiențelor s-au obținut pentru compușii epoxidici cu adaos de gudron de cărbune, aplicați prin pensulare sau prin pulverizare pe metal, în grosime totală de 0,5—1,00 mm.

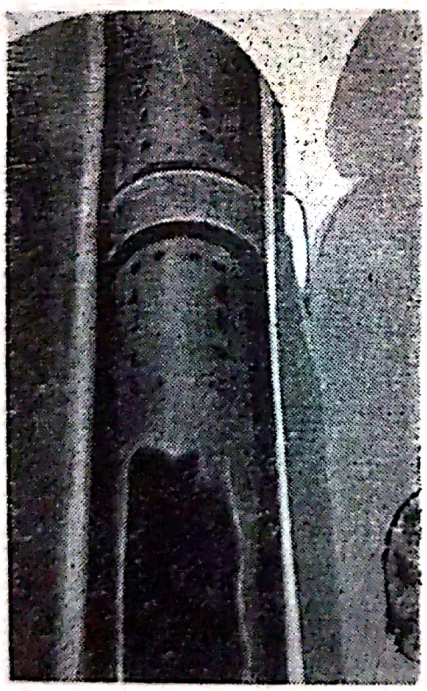


Fig. VII.6. Deteriorarea tuburilor de beton prin uzură mecanică și coroziune chimică.

Pentru aplicarea în practică la două uzine în construcție s-a executat un utilaj automat, care realizează sablarea metalului în mod continuu și pulverizează stratul de compus epoxidic. Controlul grosimii stratului s-a realizat cu dispozitive magnetice.

Tuburi de beton și beton armat. Tuburile de beton și beton armat, folosite în lucrările de canalizare sau în lucrări de alimentare cu apă, prezintă avantajul confecționării pe baza unui procedeu tehnologic simplu și al prețului de cost redus, însă prezintă dezavantajul unei permeabilități ridicate la presiuni mici ale apei, rezistență slabă la agenți chimici agresivi și uzură prin abraziune mecanică etc., ceea ce duce, în anumite

condiții în exploatare, la înrăutățirea caracteristicilor hidraulice, sau chiar la deteriorarea completă a tuburilor (fig. VII.6). Pentru a lărgi posibilitățile de folosire a tuburilor de beton, în R.D.G. și R.F.G. se execută protecții superficiale pe bază de compuși poliesterici și epoxidici la tuburile de beton [5, 20, 25, 26]. În acest scop suprafața interioară a tuburilor se verifică atent, se înlătură asperitățile prin polizare, iar găurile și adîncimile se șpacluiesc cu mortar de ciment 1 : 2 (eventual mortar de ciment cu adaos de latex de cauciuc sintetic sau poliacetat de vinil, pentru mărirea aderenței la betonul vechi).

Aplicarea stratului de protecție în grosimea necesitată de condițiile din exploatare se face cu ajutorul unui dispozitiv automat (Sistemul Kubbet), care pulverizează compusul poliesteric sau epoxidic și întăritorul la o presiune de 15—20 at, ceea ce asigură formarea unei pelicule superficiale din materialul de protecție și colmatarea porilor betonului pe o adîncime de cîțiva milimetri. Dispozitivul automat de pulverizare este adaptabil pentru tuburi cu diametre uzuale de 400—1 000 mm. La diametre mai mari, stratul de protecție se realizează în același mod ca la galeriile de aducțiune.

Procentul de întăritor pentru compusul macromolecular folosit se alege astfel ca, la temperatura de 20°C, stratul protector să se întărească suficient în 30—60 min, pentru a permite transportul tubului în depozit. S-a observat că rezistența stratului protector continuă să crească timp de 4—6 săptămîni. Protecțiile superficiale pot fi aplicate pe tuburi produse prin turnare manuală, turnare cu vibrare, torcretare etc., singura operație influențată de modul de confecționare a tuburilor este pregătirea suprafeței tuburilor în vederea execuției protecției. Controlul continuității stratului de protecție se face cu un dispozitiv electric care lucrează la o tensiune de 20 kW.

Tuburile astfel protejate sînt impermeabile, rezistente la agenți chimici agresivi, stratul de protecție are rezistență mare la abraziune produsă prin uzură mecanică și, în același timp, debitul transportat crește în comparație cu tuburile neprotejate. Tuburile cu protecții superficiale pot fi folosite cu bune rezultate în locul tuburilor de fontă, metal, bazalt artificial etc., avînd preț de cost mai redus decît acestea.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre aplicațiile industriale se menționează că la un reactor atomic din Karlsruhe, canalele de evacuare cu diametrul de 1 000 și 2 500 mm au fost executate din tuburi de beton cu protecții superficiale din poliesteri, care au fost considerate mai rezistente și în același timp mai economice decît tuburile de oțel [20].

În Anglia se produc și se livrează tuburi de beton protejate la exterior cu un strat de poliester armat cu fibre de sticlă care pot lua sarcini la compresiune pînă la 15 tf/m, sînt impermeabile și rezistente la acțiuni chimice agresive din mediul exterior.

În anul 1961, la Institutul de ciment și beton din Stokholm [20], s-au efectuat studii pentru realizarea de protecții superficiale la tuburile de beton cu compuși epoxidici modificați cu tiocol sau cu bitum-gudron, poliesteri etc., rezultînd în principal următoarele:

— tuburile de beton cu dozaj redus de ciment, care sînt permeabile la umplerea cu apă (filtrează apa pe toată suprafața fără ridicarea presiunii), devin impermeabile la presiuni ale apei pînă la 5—6 at în toate cazurile în care stratul de protecție a fost bine executat. Rezistența tuburilor cu strat de protecție la fisurare sub presiunea apei crește de 1,5—2 ori în comparație cu tuburile neprotejate. Grosimea minimă a stratului de protecție la care se obțin rezultate bune a fost în cazul compușilor epoxidici modificați cu tiocol de 0,7 mm, în cazul celor modificați cu bitum-gudron de 0,5 mm și de 0,8—1,00 mm în cazul compușilor poliesterici.

În U.R.S.S., în anul 1962 [20], s-a studiat obținerea de protecții superficiale pe bază de monomer FA și compuși epoxidici, la tuburi de beton precomprimat de 1,00 m lungime și 0,41 m diametru. Rețetele pentru materialul de protecție folosit și rezultatele obținute în condiții identice de încercare (ridicarea presiunii în trepte 1, 3, 5, 10, 15...at) sînt redate în tabela VII.2, din care rezultă că tuburile fără protecție superficială au fost impermeabile numai la presiuni mici ale apei, devenind permeabile la presiuni de 3 at, în timp ce tuburile cu protecție superficială au fost impermeabile în unele cazuri la presiuni care depășeau 20 at.

În fig. VII. 7, *a* și *b* sînt prezentate instalația pentru aplicarea stratului de protecție și instalația de presiune la care s-au efectuat încercările:

Scanned with OKEN Scanner

Tabela VII.2

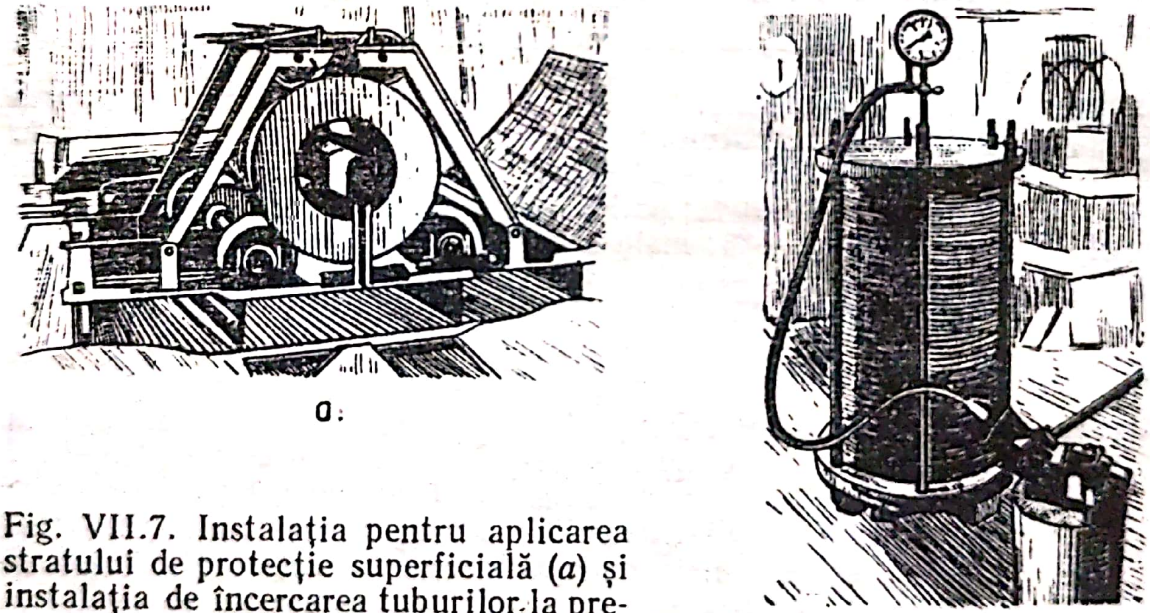
Compozițiile folosite pentru realizarea stratului de protecții superficiale la tuburi de beton precomprimat și rezultatele obținute

Indicativul grupului de tuburi	Compoziția folosită pentru stratul de protecție în % din greutate	Rezultatele încercărilor
1-01	Tuburi de control (fără strat de protecție)	Permeabil pe întreaga suprafață la 3 at. După îndepărtarea sîrmei de precomprimare, tuburile s-au rupt la 2—3 at, cu formarea de fisuri longitudinale
1-02	Tuburi protejate. Compoziția stratului — Compus epoxidic ED-5—12%; gudron D-3—15%; polietilenpoliamină—2%; nisip cuarțos măcinat — 71%	Permeabil prin fisură laterală la 19 at. După îndepărtarea sîrmei de precomprimare, pierde apa prin aceeași fisură la 5 at
1-03	Tuburi protejate. Compoziția stratului – Compus epoxidic EDF-3—20%; monomer FA—20%; polietilen poliamină—8%; nisip cuarțos măcinat —40%; dolomită măcinată—12%	Permeabil prin fisurarea la capăt la introducerea în instalație. Fără sîrmă nu s-a mai încercat
1-04	Tuburi protejate. Compoziția stratului — Compus epoxidic ED-5—19%; monomer FA—19%; polietilenpoliamină — 8%; nisip cuarțos măcinat—54%.	Permeabil prin fisurare la capăt la presiunea de 23 at. După îndepărtarea sîrmei de precomprimare se rupe prin fisurare în treimea mijlocie la 14 at
1-05	Tuburi protejate—Compoziția stratului: —Compus epoxidic EDF-3 —24%; monomer FA—24%; polietilenpoliamină —7%; dolomită măcinată — 45%	Permeabil prin fisurare la capăt la presiunea de 15 at. După îndepărtarea sîrmei, permeabil prin aceeași fisură la 5 at

Scanned with OKEN Scanner

Tabela VII.2 (continuare)

Indicativul grupului de tuburi	Compoziția folosită pentru stratul de protecție în % din greutate	Rezultatele încercărilor
1-07	Tuburi protejate—Compoziția stratului: —Compus epoxidic ED-5—9% monomer FA—21%; polietilen-poliamină—10%; nisip cuarțos măcinat—60%	Permeabil prin fisurare la capăt la 12 at. După îndepărtarea sîrmei pierdere abundentă de apă prin aceeași fisură la 2—3 at
1-09	Tuburi protejate—Compoziția stratului: monomer FA—12%; acid benzen-sulfonic —2,5%; nisip măcinat—25,5%; nisip de construcții—60%	Permeabil prin fisurare la capăt la 18 at. După îndepărtarea sîrmei de precomprimare pierde apa prin 3 fisuri longitudinale la 5 at



a b

Fig. VII.7. Instalația pentru aplicarea stratului de protecție superficială (*a*) și instalația de încercarea tuburilor la presiune (*b*).

Pentru impermeabilizarea betonului în cazul lucrărilor de canalizare pot fi folosite, de asemenea, și vopselele vinilice. Ca exemplu de folosire se menționează că la un canal de mari dimensiuni care traversează rîul canadian San-Lorenzo, impermeabilizarea s-a făcut prin aplicarea a trei straturi de vopsele vinilice după cum urmează: primul strat

aplicat pe suprafața betonului bine curățată cu jet de nisip și aer comprimat, numit și strat de imprimare, cu grosimea de 0,3—0,5 mm, a fost o vopsea butil-vinilică, iar celelalte două straturi au fost executate cu vopsea vinilică cu ingrediente minerale, cu bună rezistență la uzură [5].

Rezervoare. Protecțiile superficiale pentru rezervoare de beton și metal se aleg și se execută în general pe baza celor menționate la paragrafele precedente, avînd în vedere destinația rezervorului, tipul protecției (impermeabilizarea betonului sau impermeabilizare și protecție anticorosivă etc.), temperatura lichidului din rezervor, modul de exploatare a rezervorului, posibilitățile de control și eventual de refacere a protecției în timpul explorării etc. Astfel, protecțiile rezervoarelor pot fi de cele mai diferite tipuri, de la tencuieli din mortare pe bază de compuși macromoleculari (uneori chiar straturi mai groase de beton cu compuși macromoleculari) pînă la chituri, masticuri și vopsele. În cele ce urmează se dau cîteva exemple în acest sens.

— La o fabrică de zahăr, rezervoarele de beton în care se păstrează tocătura de sfeclă s-au protejat cu un strat de mortar pe bază de compuși epoxidici, de circa 5 mm grosime. Protecția fiind solicitată în acest caz din cauza variației temperaturii de la 0 pînă la 75°C, de agresivitatea chimică cauzată de produsele organice în descompunere și uzura mecanică datorită unui agitator care amesteca continuu tocătura de sfeclă.

— În R.F.G. și R.D.G., la rezervoarele din industria hîrtiei și celulozei se execută protecții anticorosive, pe bază de compuși poliesterici sau epoxidici. Stratul de protecție se realizează prin pensularea sau prin pulverizarea sub presiunea de 12—15 at a compusului folosit pentru protecție, în minimum două straturi. În cazurile în care este posibil a se folosi pentru realizarea protecției un material cu procent ridicat de material de umplutură (de obicei, făină de cuarț sau alt material fin), protecțiile se realizează prin șpacluire în două straturi, sau șpacluire în primul strat, pulverizare sau pensulare, în straturile următoare.

— Pentru protecții pe beton umed (în cazul rezervoarelor situate sub nivelul terenului) se folosesc în R.F.G. compușii epoxidici Sinmast de tipurile 1—8, în funcție de necesități.

Scanned with OKEN Scanner

— Pentru impermeabilizarea unui rezervor de apă potabilă din Easington, cu un volum de 100 000 m³, s-a folosit cauciucul. Fîșiile de cauciuc cu lățimea de 1,20 m și grosimea de 4,5 mm au fost fixate pe pereții verticali și de fundul rezervorului cu cleme de aluminiu. La margini fîșiile de cauciuc au fost petrecute cîte 7 cm și lipite cu adezivi pentru cauciuc. Prin impermeabilizare pierderile de apă s-au redus practic la zero și nu s-au semnalat vreo înrăutățire a proprietăților apei.

— În U.R.S.S., la combinatul pentru prelucrarea țițeiului de la Novokuibîșevo, rezervoarele metalice pentru păstrarea clorurii de amoniu și altor substanțe chimice agresive au fost protejate în anul 1961 cu beton pe bază de monomer FA în grosime de 6—13 cm.

4. PROTECȚIA INSTALAȚIILOR TEHNOLOGICE, A BETONULUI DIN FUNDAȚII ȘI STRATURI REZISTENTE LA COROZIUNE

În astfel de cazuri protecțiile împotriva coroziunii și abraziunii mecanice se realizează în funcție de situația concretă, din materiale cu compoziții pe bază de monomer furfurol-acetonă, compuși epoxidici, poliesteri, cauciuc, polietilenă clorsulfonată etc. Astfel, în U.R.S.S., avînd în vedere prețul de cost mai redus al monomerului furfurol-acetonă, se recomandă folosirea masticurilor, mortarelor și betoanelor pe bază de monomer FA [10], scop în care a fost elaborat materialul denumit Faizol (v. și cap. III).

Astfel, în lucrarea „Faizolul, material izolant și anticorosiv“ [10], este prezentat materialul elaborat de specialiștii sovietici pe baza monomerului furfurol-acetonă, folosindu-se ca întăritor acidul benzen-sulfonic și ca material de umplutură diferite agregate, Proprietățile acestui material sînt în funcție de diferiți parametri, precum: cantitatea de întăritor și temperatura de întărire, cantitatea de monomer FA etc. În tabela VII.3 sînt prezentate datele privind rezistența faizolului la încovoiere, în funcție de cantitatea de monomer FA din amestec.

Modulul de elasticitate dinamic determinat pe prisme de faizol de 4 × 4 × 16 cm, la diferite termene de încercare, a fost între 200 000 și 300 000 kgf/cm².

Tabela VII.3

Rezistența prismelor de faizol la încovoiere, în funcție de cantitatea de monomer FA din amestec

Cantitatea de monomer FA în % față de greutatea agregatului mineral	Rezistența la încovoiere în kgf/cm² la diferite termene de încercare (zile)			
	3	7	14	28
9	60	103	123	91
11	72	126	135	125
13	84	126	150	169
15	100	139	150	162

Coeficientul de dilatație termică al faizolului este aproximativ de același ordin de mărime cu al betonului obișnuit și al oțelului.

Faizolul aderă bine la suprafața uscată a betonului de ciment, însă nu aderă la suprafața betonului umed.

Cu privire la permeabilitatea faizolului, autorul [10] arată următoarele: „permeabilitatea apei în stratul de faizol este infimă. Plăci din mortar de ciment-nisip de 20 mm grosime care încercate la o presiune de 8 at deveneau permeabile după 3—4 min, fiind protejate superficial cu faizol avînd grosimea stratului de protecție de 10, 8, 6 și 4 mm, nu mai deveneau permeabile la presiunea de 8 at timp de 24 h cît se aflau sub presiune pentru verificarea gradului de impermeabilitate".

Încercările la îngheț-dezgheț, îmbătrînirea accelerată și la diferite soluții chimice agresive au arătat, de asemenea, caracteristici bune pentru acest material.

Pentru prepararea faizolului pot fi folosite nisipurile cuarțoase, andezitul, diabazul, bazaltul, granitul, cocsul și grafitul măcinat la finețea corespunzătoare. Agregatele minerale carbonatate (calcarul și dolomitul) nu pot fi folosite, deoarece reacționează cu întăritorul, neutralizîndu-l.

Cu privire la utilizarea materialelor pe bază de monomer FA ca protecții pentru beton și metal se menționează:

— utilizarea de straturi de beton cu monomer FA în grosime de 4—6 cm pentru protecția betonului de ciment din

Scanned with OKEN Scanner

fundațiile pompelor de acid sulfuric (20%) și pentru pardoseli în hale, la combinatul Novokuibîșevo — U.R.S.S. [2];

— utilizarea de pardoseli anticorosive (mortare și masticuri pe bază de FA), la diferite întreprinderi din industria chimică și alimentară din țara noastră cu asistența tehnică a INCERC;

— utilizarea de mortare și betoane pe bază de FA pentru protecția hidrocicloanelor de la instalațiile de înnobilare a nisipului de la Sticloval-Vălenii de Munte, care funcționează în condiții grele de lucru (abraziune mecanică foarte puternică și agresivitate chimică datorită acidului sulfuric folosit în procesul tehnologic), cu asistența tehnică a I.P.C.M.C. (fig. VII.8).

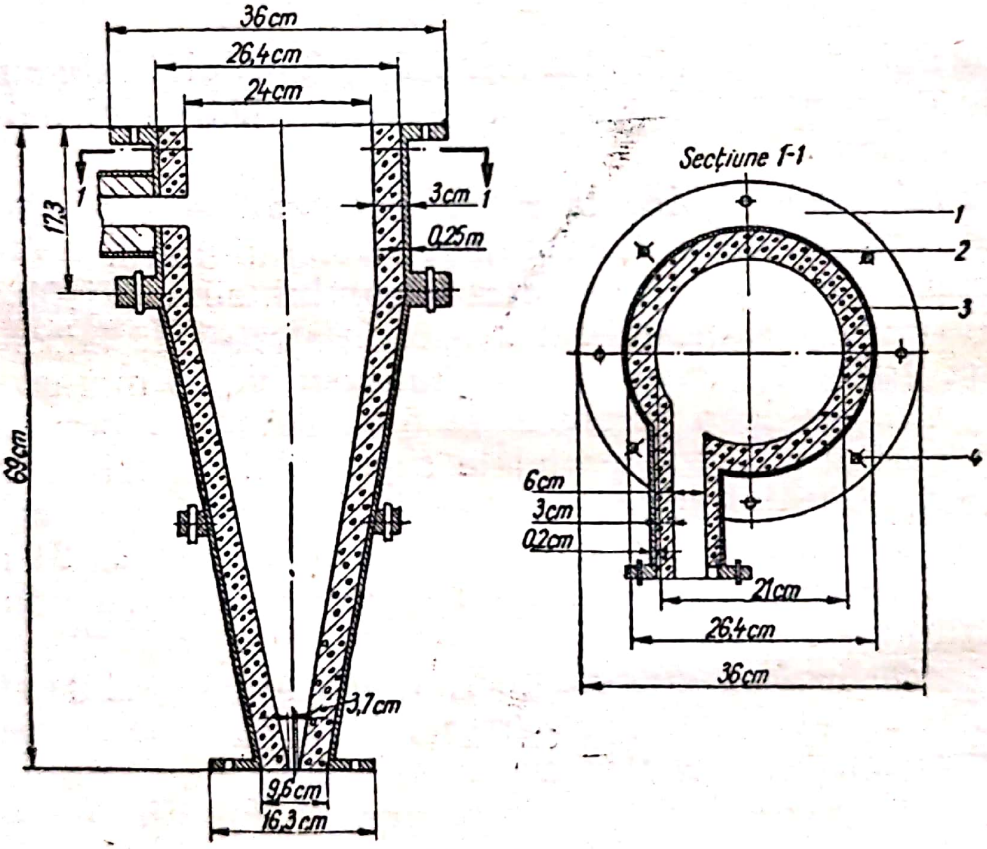


Fig. VII.8. Hidrociclon protejat cu monomer FA:
1 — manșon metalic; *2* — perete metalic; *3* — protecție superficială din mortar sau din beton cu monomer FA; *4* — găuri-șurub.

În R.F.G., S.U.A., U.R.S.S. etc. se folosesc, pentru realizarea protecțiilor superficiale pe beton și metal, diferite materiale pe bază de compuși epoxidici, fenol-formaldehidici, poliesteri etc., armate sau nearmate cu fibre de sticlă. În

ultimii ani preferințele tehnicienilor din R.F.G. și din alte țări se îndreaptă spre produsele Sinmast (v. cap. IV.2).

Produsele Sinmast pot fi aplicate pe beton sau pe metal prin pensulare, șpacluire, prin întindere cu mistria sau cu drișca, în funcție de plastifianții adăugați, de tipul și cantitatea de agregat mineral folosit în amestec etc. (fig. VII.9 și VII.10). Produsele Sinmast au aderență bună la betonul umed, rezistență termică de lungă durată apreciată la 150°C, rezistență bună la apă și apă de mare, benzină, uleiuri, alcalii slabe, diferite săruri, acid sulfuric, au însă rezistență slabă la acizii azotic, fosforic, lactic, formic și la unii solvenți. Masticurile cu grosimea de cîțiva milimetri dau straturi impermeabile la gaze și lichide, fac priză în intervalul 0,5 — 12 h și pot suporta încărcări mecanice după 3—36 h. În prezența lichidelor se recomandă ca protecțiile să nu fie date în exploatare mai devreme de 1—2 săptămîni. Ca agregate minerale în cazul produselor Sinmast pot fi folosite nisipul, făina de cuarț, corundul etc. Straturile de protecție se

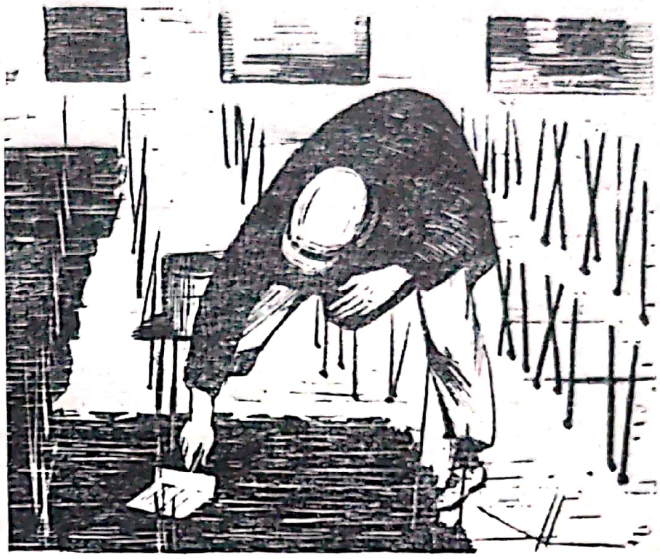


Fig. VII.9. Aplicarea masticului Sinmast ca strat de legătură între betonul vechi și nou.

Fig. VII.10. Impregnarea suprafețelor de beton cu mastic Sinmast-4.

caracterizează prin indici dielectrici mari și rezistență considerabilă la uzură. Caracteristicile de rezistență ale mortarelor cu Sinmast-1 sînt redate în tabela VII.4.

Tabela VII.4

Caracteristicile de rezistență ale mortarelor cu Sinmast–1 și nisip de Rin — raport liant organic: agregat de 1 : 7.

Condiții de păstrare a epruvetelor	Rezistența, kgf/cm²			Modul de elasticitate kgf/cm² × 10³
	Întinderea axială	Încovoiere	Compresiune	
1 zi la aer	95	183	708	230
16 zile la aer	106	201	748	215
1 zi la aer și 15 zile în apă	95	202	749	215

5. PROTECȚII SUPERFICIALE LA LUCRĂRILE DE DRUMURI, PODURI ȘI LUCRĂRI SIMILARE

Materialele pe bază de compuși macromoleculari, fără lianți minerali (în special compuși epoxidici), sînt aplicate în practica lucrărilor de drumuri, poduri, aerodroame etc., la repararea și protejarea suprafețelor de metal, beton, asfalt, lemn, începînd cu anii 1956—1957, astfel că în prezent direcțiile de folosire a noilor materiale în acest sector pot fi rezumate astfel [5, 7, 9, 13, 15, 19]:

— covoare subțiri pentru îmbrăcăminte de beton care prezintă deteriorări ale suprafeței;

— covoare subțiri pentru îmbrăcăminte asfaltică, sau de beton care a devenit alunecoasă, însă din alte puncte de vedere este corespunzătoare;

— protecții pentru suprafețe de beton care sînt expuse în exploatare deteriorării sub acțiunea carburanților, uleiurilor etc.

— îmbrăcăminte subțire (și deci de greutate redusă) pentru poduri;

— materiale pentru marcarea drumurilor și obținerea de suprafețe colorate;

— aditivi pentru îmbrăcăminte bituminoasă obișnuită, pentru a îmbunătăți comportarea acesteia;

Scanned with OKEN Scanner

— materiale de vopsitorie la poduri și indicatoare;

— pentru rosturi la îmbrăcămintea de beton, rosturi de dilatație la poduri etc. (v. cap. IV).

În tabela VII.5 sînt redate rezultatele cercetărilor efectuate în Suedia, în anul 1961, la Institutul de ciment și beton [18]. Pentru experiențe s-au folosit plăci de beton de 35 × 17,5 × × 5 cm, pe care s-a aplicat prin șpacluire sau prin pensulare (pe una din fețele mari), straturile subțiri de protecție cu diferite compoziții pe bază de compuși macromoleculari. Pentru studiul influenței umidității betonului asupra caracteristicilor stratului de protecție, în unele cazuri protecția s-a aplicat pe plăci care în prealabil au fost imersate șapte zile în apă pentru saturare, iar după scoaterea plăcilor din apă s-a aplicat stratul de protecție și s-au păstrat în continuare în condițiile din tabela VII.5.

Datele din tabela VII.5 indică rezultate bune pentru toate tipurile de protecții studiate și rezultate satisfăcătoare pentru protecțiile pe bază de poliesteri.

În cele ce urmează se dau cîteva exemple de aplicare în practica lucrărilor de drumuri a materialelor pe bază de compuși macromoleculari:

— repararea suprafeței degradate a drumurilor de beton, prin execuția de covoare subțiri pe bază de compuși epoxidici sau poliesteri prezintă importanță atît prin durabilitatea unei asemenea soluții, cît și prin faptul că nu implică cheltuieli suplimentare legate de necesitatea ridicării bordurilor de trotuar, a căminelor de canalizare etc. la o cotă superioară, așa cum este necesar în cazul unui covor asfaltic de 2,5—5,0 cm grosime. Aplicații industriale s-au efectuat în S.U.A., Anglia și în alte țări;

— mortarele cu compuși macromoleculari se folosesc curent la repararea colțurilor dalelor de beton la rosturi, la închiderea cuiburilor de pietriș din beton etc.;

— cînd îmbrăcămintea rutieră a devenit alunecoasă se aplică tratamente superficiale cu compuși epoxidici pe îmbrăcămintea de beton sau de asfalt. Astfel de tratamente se aplică pe scară industrială în S.U.A. și semiindustrial în Anglia, cu bune rezultate;

Scanned with OKEN Scanner

Tabela VII.5

Rezultatele cercetărilor privind aderența diverselor protecții superficiale la suprafețe de beton uscat și umed

Tipul protecției	Rezistența protecției superficiale la desprindere, kgf/cm²				
	Acoperire pe suprafața uscată		Acoperire pe suprafața umedă		
	După 3 săptămîni de păstrare la aer cu umiditate normală	După 100 cicluri de îngheț-dezgheț	După 4 săptămîni de păstrare sub apă	După 3 săptămîni de păstrare la aer cu umiditate normală	După 100 cicluri de îngheț-dezgheț
Pe bază de poliesteri neplastifiați					
— fără material de umplutură	43,2 *B*	—	—	—	—
— cu material de umplutură	42,0 *B*	10,0 C–*A*	24,9 *A*	31,0 *B–C*	8,6 *C*
Pe bază de poliesteri plastifiați cu material de umplutură	43,5 *B*	16,9 C–A	28,8 *B–A*	15,5 *A*	10,2 *C–A*
Pe bază de compuși epoxidici modificați cu tiocol, cu material de umplutură	37,0 *B*	31,8 *B*	35,4 *B*	30,6 *B–A*	25,1 *B–A*
Acoperirea epoxido-poliamidică cu material de umplutură	43,7 *B*	42,0 *B*	41,4 *B*	32,3 *B–A*	29,2 *B–A*
Compoziția epoxido-bituminoasă cu material de umplutură	35,2 *B*	16,6 *A*	26,1 *B–A*	37,7 *B*	23,1 *B–A*
Policloropren (neopren)	36,8 *B*	27,6 *B–A*	32,1 *B–A*	33,6 *B–A*	24,1 *B–A*
Acoperire din polietilenă clorsulfonată (hipalon)	38,1 *B*	29,4 *B*	29,4 *B–A*	27,1 *A*	26,1 *B–A*

Observații: Literele din tabelă arată caracterul distrugerii:
B — distrugere în beton; *A* — distrugere în stratul de protecție; *C* — stratificarea în zona de contact protecție-beton; *B–A* rupere în beton și parțial în stratul de protecție; *C–A* — stratificarea în zona de contact și parțial în stratul de protecție; *B–C* — distrugerea în beton și parțial în zona de contact.

Scanned with OKEN Scanner

— îmbrăcămintea podurilor care a fisurat sau a fost corodată chimic, în S.U.A. se protejează după caz cu covoare subţiri sau cu tratamente superficiale cu compuşi epoxidici;

— suprafeţele aerodroamelor se impregnează sau se protejează cu materiale pe bază de compuşi epoxidici;

— suprafeţele pavajelor de beton de la garaje, sau de la depozitele de carburanţi se protejează, de asemenea, cu materiale pe bază de compuşi macromoleculari.

6. ELEMENTE DE TEHNOLOGIE ŞI PREŢ DE COST

Asupra tehnologiei de execuţie şi a preţului de cost al protecţiilor pe bază de compuşi macromoleculari se fac următoarele aprecieri.

— tehnologia de lucru cu noile materiale este relativ simplă şi deci nu pune probleme cu totul deosebite; pentru reuşita lucrărilor trebuie să se acorde atenţia cuvenită pregătirii execuţiei şi supravegherii lucrărilor cu noile materiale în timpul execuţiei şi pînă la darea lor în exploatare, ca şi în timpul exploatării pentru acumularea de date şi observaţii.

Preţul de cost al noilor materiale este în prezent mai ridicat decît al materialelor clasice, astfel că folosirea lor în perioada imediat următoare trebuie făcută cu discernămînt, avînd în vedere că prin proprietăţile superioare ce le caracterizează noile materiale permit, în foarte multe cazuri, adoptarea unor soluţii tehnico-economice avantajoase.

BIBLIOGRAFIE

1. *.*.* În: Der Bauingenieur, nr. 4, 1963, p. 161.
2. Elsin, I. M. În: Beton i jelezobeton, nr. 2, 1965, p. 19.
3. Fabricant, T. L. şi Klinov, I. L. În: Bumajnaia Promîşlenost, nr. 2, 1962, p. 7.
4. Ionescu, I. În Rev. Hidrotehnica, nr. 5, 1963, p. 183.
5. Ionescu, I. şi Enculescu, M. *Întrebuinţarea maselor plastice pentru impermeabilizarea şi protecţia anticorosivă a construcţiilor hidrotehnice*, I.S.C.H., Bucureşti, 1964.
6. Ionescu, I. şi alţii. În: Materiale Plastice, nr. 2, 1965, p. 91.
7. Jameś, G. J. În: Roads and Road Construction, nr. 488, 1963, p. 236.

Scanned with OKEN Scanner

8. Klaus Wenzel. În: Schweizerische Bauzeitung, nr. 26, 1963, p. 475 și nr. 27, 1963, p. 487.
9. Krans, S. În: Strassen und Tiefbau, nr. 12, 1962, p. 1197.
10. Moscianski, N. A., *Faizol*, Moscova, Gosstroizdat, 1961.
11. Moscianski, N. A. și alții. În: Beton i jelezobeton, nr. 1, 1963, p. 25.
12. Mosciansk i, N. A. și Putliaev, I. E. În: Beton i jelezobeton, nr. 3, 1965, p. 45.
13. Ney, K. și Postl, P. În: Der Bauingenieur, nr. 12, 1962, p.441.
14. Nosov, R. P. În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 5, 1961, p. 32.
15. Obermeyer, J. În: Kunstoff—Rundschau, nr. 9, 1964, p. 523.
16. Psenitin, P. A. și Igonin, L. A. În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 12, 1963, p. 3.
17. * * * În: Rev. Ruber and Plastics Age, nr. 9, 1964, p. 1 058.
18. Solomatov, V. I. În: Stroitelnîe Materialî, nr. 7, 1962, p. 13.
19. Solomatov, V. I. În: Beton i jelezobeton, nr. 1, 1963, p. 30.
20. Solomatov, V. I. și alții. În: Beton i jelezobeton, nr. 5, 1964, p. 203.
21. * * * În: Strassen und Tiefbau, nr. 1, 1962; p. 30.
22. Strehle, K. În: Tiefbau, nr. 6, 1961, p. 339.
23. Șneiderova, V. V. și alții. În: Beton i jelezobeton, nr. 1, 1965, p. 32.
24. * * * În: Water Power, nr. 9, 1961, p. 370.
25. Wollmer, E. W. În: Wasserwirtsch, nr. 9, 1961, p. 247.
26. Wollmer, E. W. În: Baustoffindustrie, nr. 10, 1961, p. 268.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VIII

PROTECȚII ȘI IMPERMEABILIZĂRI SUPERFICIALE CU PELICULE ȘI FOLII. BENZI PENTRU ROSTURI

1. GENERALITĂȚI

În ultimii ani s-a extins rapid execuția de protecții și impermeabilizări superficiale cu pelicule și folii de polietilenă, policlorură de vinil plastifiată, poliizobutilenă, cauciuc etc., datorită avantajelor pe care le prezintă folosirea acestor materiale, precum: execuție relativ simplă și rapidă, grad ridicat de impermeabilitate, rezistență mare la diferite tipuri de substanțe chimice agresive, preț de cost acceptabil etc.

Domeniile de folosință pentru protecțiile și impermeabilizările cu pelicule și folii sînt foarte ample, de la baraje și lacuri artificiale, diguri și canale deschise pentru transportul apei, rezervoare și conducte etc. la batardouri și execuția de incinte închise cu ecrane impermeabile pentru diferite scopuri. În cele ce urmează se vor sintetiza unele exemple mai importante din literatura de specialitate, avîndu-se în vedere că în prezent sînt create, în țara noastră, condițiile materiale pentru folosirea peliculelor și foliilor pe scară mare la lucrările care necesită impermeabilizări sau protecții superficiale (Polietilena și PVC se fabrică industrial la Combinatul Chimic-Brazi, fabrica Muntenia etc.).

2. BARAJE ȘI LACURI ARTIFICIALE

Peliculele din Opanol-BA (poliizobutilenă), PVC plastifiat și polietilenă pot fi folosite și pentru executarea ecranelor antifiltrante la barajele de pămînt sau din anrocamente.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza experienţelor s-a constatat că o peliculă de 2 mm grosime este impermeabilă pentru apă la o presiune pînă la 10 at [1, 9, 18].

În cazul în care pelicula se aşază pe peretele amonte al unui baraj, aceasta se lipeşte cu un adeziv pe stratul de beton de egalizare, iar peste peliculă se aşază un strat de protecţie din elemente prefabricate de beton armat, sau din alt material.

Dacă pelicula se aplică la interiorul barajului, aşezarea ei se face pe trepte din zidărie de piatră, între două straturi de protecţie din nisip fin. De asemenea se admite că folosind pelicule de polietilenă şi PVC plastifiat, se poate asigura impermeabilitatea barajelor din elemente prefabricate de beton armat. În ultimii ani, peliculele de PVC plastifiat şi din polietilenă de culoare închisă se folosesc pe scară mare pentru impermeabilizarea lacurilor şi bazinelor de apă amplasate pe terenuri permeabile în regiuni secetoase, necesare ca rezervă de apă pentru ferme, aşezări rurale şi chiar pentru oraşe mai mici [1, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 15]. Din exemplele citate în literatura de specialitate se menţionează:

— execuţia de ecrane impermeabile din pelicule de polietilenă la diguri de pămînt şi piatră, şi la stăvilarele construcţiilor hidrotehnice din Asia mijlocie, Caucaz şi nordul U.R.S.S. Din documentaţia tehnică a lucrărilor rezultă că execuţia ecranelor impermeabile din polietilenă duce la reducerea substanţială a volumului lucrărilor, scurtarea timpului de execuţie şi realizarea de economii băneşti importante. În U.R.S.S. sînt în curs studii pentru proiectarea unor ecrane impermeabile din polietilenă la batardourile barajelor mari ale unor hidrocentrale [16];

— execuţia în Dordogne (Franţa) a unui baraj de dimensiuni reduse, din pînză de nailon acoperită cu neopren. Acest baraj este ancorat de un radier de beton şi în perioadele de viituri mari îşi reduce parţial volumul (se dezumflă) automat, permiţînd scurgerea debitelor mari *);

— execuţia în provincia Ontario (Canada) a cîtorva lacuri artificiale al căror fund a fost impermeabilizat cu peliculă de polietilenă de 0,2 mm grosime;

*) În S.U.A. pentru o acumulare de apă necesară unor studiouri s-a construit pe rîul Los Angeles un baraj dintr-o membrană plastică (cauciuc) care este înălţat sau coborît după nevoi prin umplerea cu apă [11].

Scanned with OKEN Scanner

— execuția la Edmonton (Canada) a două lacuri artificiale cu capacitate de 30 000 m³, al căror fund s-a impermeabilizat cu peliculă de polietilenă de culoare neagră, de 0,2 mm grosime, peste care s-a așezat un strat de protecție de pământ argilos gros de 12 cm;

— execuția la stațiunea experimentală a Colegiului Utah — S.U.A. a unor lacuri experimentale de diferite capacități, avînd fundul impermeabilizat cu pelicule din PVC plastifiat, sau din polietilenă;

— execuția a patru lacuri artificiale cu capacități între 2 000 și 11 000 m³, cu fundul impermeabilizat cu pelicule din PVC plastifiat de culoare neagră, cu grosimea de 0,8 mm, în sistemul de irigații situat la nord de localitatea Salt Lake City — S.U.A. La aceste lacuri stratul superficial de protecție a fost executat dintr-un strat de nisip fin, peste care s-a așezat un strat de pietriș;

— execuția de către firma „Poliplast Padova", în regiunea Padova — Italia, a unui lac de 15 000 m³ capacitate, al cărui fund a fost impermeabilizat cu polietilenă;

— execuția în Franța a cîtorva lacuri artificiale, al căror fund a fost impermeabilizat cu peliculă de polietilenă. La unul dintre aceste lacuri, cu capacitate de 3 600 m³, adîncimea de 3 m, fundul și pereții taluzurilor s-au impermeabilizat cu peliculă de polietilenă de 0,30 mm grosime. Pentru protecția peliculei împotriva deteriorărilor s-a folosit un strat subțire de nisip fin, iar la marginea superioară a taluzurilor, sub peliculă, s-au împrăștiat substanțe toxice pentru distrugerea insectelor și vegetației care ar fi putut deteriora pelicula prin străpungere. Pelicula folosită pentru impermeabilizare a fost sudată la locul execuției cu dispozitive mobile;

— execuția de impermeabilizări a fundului și taluzurilor la două lacuri de acumulare din R.S.S. Armeană (Rkoi-lici și Ovitsk). Pentru amenajarea ecranului la primul lac s-a folosit peliculă de policlorură de vinil de 0,15—0,17 mm grosime și 138 cm lățime, care au fost sudate pe șantier pentru a se obține pelicule cu lățimea de circa 2,70 m, a căror lungime s-a ales astfel ca greutatea ruloului să nu depășească 50—60 kg pentru a fi ușor transportabil. Peliculele duble, întinse pe fundul lacului pregătit în prealabil, s-au lipit de cele vecine cu un chit pe bază de compuși perclor-

Scanned with OKEN Scanner

vinilici și acetonă, obținîndu-se un covor continuu de circa 18 000 m², impermeabilizîndu-se circa o treime din suprafața totală a lacului, ceea ce corespunde unei capacități utile de circa 28 000 m³ apă. La margine, pelicula s-a ancorat în șanț de 0,3—0,4 m adîncime și lățimea de 0,25 m, săpat pe întreg perimetrul suprafeței impermeabilizate. Pentru protecție împotriva deteriorărilor, pelicula a fost acoperită cu un strat de pămînt nisipos de 15—20 cm grosime.

Ecranul impermeabil în suprafață de circa 1 000m², pentru impermeabilizarea unei părți din suprafața lacului Ovitsk, s-a executat după aceeași tehnologie, cu deosebire că s-a folosit peliculă de polietilenă cu grosimea de 0,06 mm și s-a sudat electric la locul execuției.

Observațiile, efectuate circa doi ani asupra comportării în exploatare a celor două lucrări executate în Armenia, indică rezultate bune:

— execuția, în sistemul de alimentare cu apă al orașului Charlton — Australia (fig. VIII.1) etc., a unui lac artificial

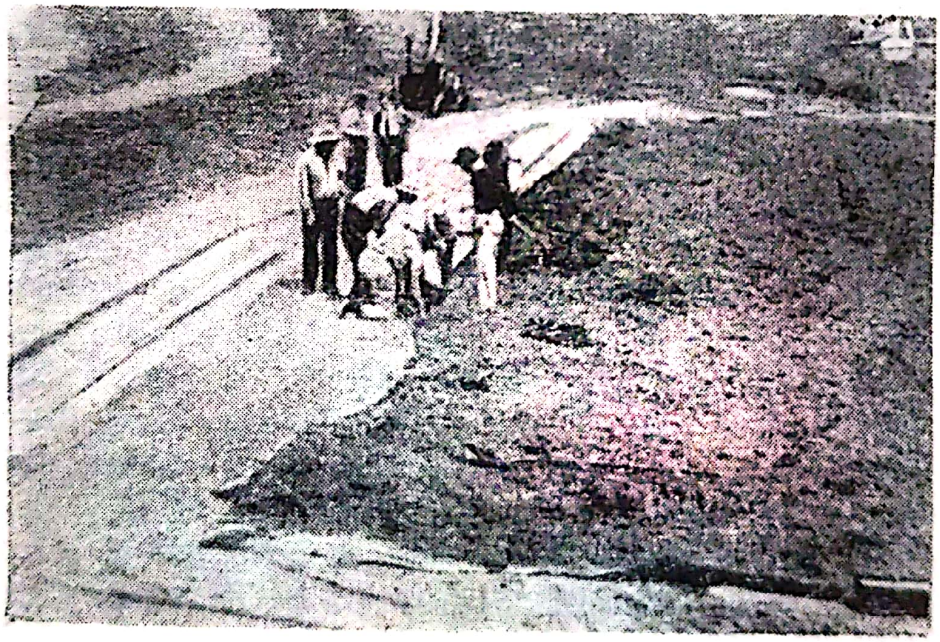


Fig. VIII.1. Executarea unui lac artificial la Charlton (Australia)

cu suprafață de 6 000 m² care a fost impermeabilizat cu peliculă de polietilenă de culoare neagră de 0,1 mm grosime.

În general, deși lucrările de acest gen executate pînă în prezent au avut caracter mai mult experimental, rezultatele

care s-au obținut în exploatare au fost bune în toate cazurile cînd lucrările s-au executat îngrijit, corespunzător cu prevederile proiectelor.

În ceea ce privește execuția lucrărilor de lacuri artificiale cu pelicule din PVC sau din polietilenă, se fac următoarele recomandări;

— taluzul malurilor pe care se întinde pelicula trebuie să aibă o pantă de 1 : 2,5 — 1 : 1;

— fundul lacului și taluzurile se curăță de piatră sau de alte corpuri tari care ar putea străpunge pelicula și se nivelează înainte de așezarea acesteia. În cazul cînd o astfel de amenajare nu este sigură, sub peliculă se așază un strat de nisip fin sau pămînt mărunțit;

— se întind apoi peliculele, astfel ca marginile acestora să se suprapună pe o lățime de 10—20 cm și se fixează din loc în loc cu săculețe de nisip, cu mențiunea că astfel de operații nu se fac în zilele cu vînt puternic;

— se trece apoi la lipirea peliculelor între ele, pentru a se asigura impermeabilitatea. Pentru lipirea peliculelor supra-

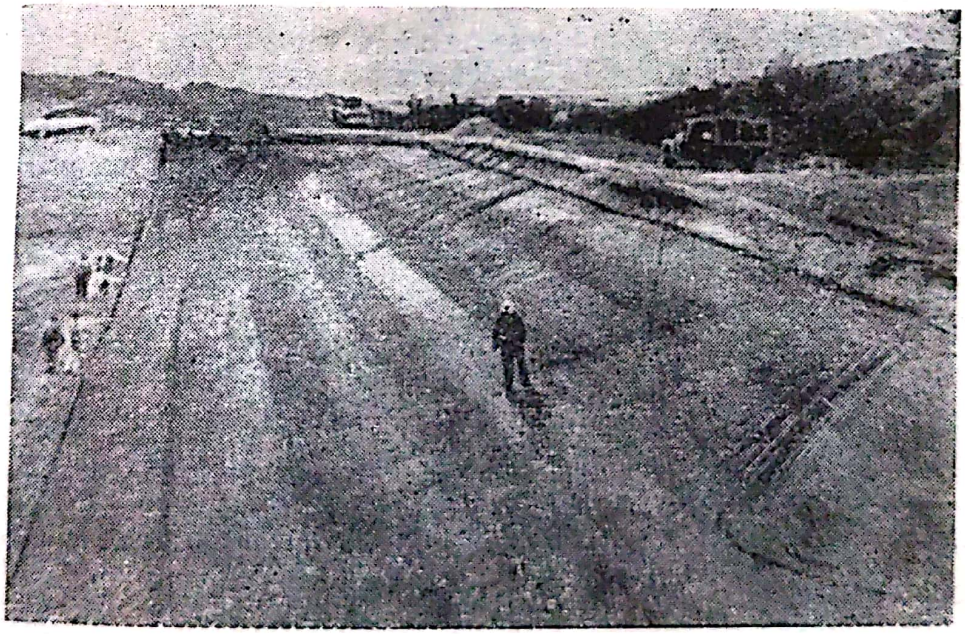


Fig. VIII.2. Așezarea peliculei de PVC plastifiat pe fundul unui lac artificial.

puse se pot folosi adezivi speciali sau procedeul sudurii, în special la peliculele de polietilenă care se lipesc mai greu cu adezivi (fig. VIII.2);

Scanned with OKEN Scanner

— pe malurile lacului marginea peliculei se ancorează prin îngropare în șanțuri (fig. VIII.3);

— peste peliculă se așază manual (sau semimecanizat) un strat de 15—20 cm din nisip sau din pămînt fin mărunțit,

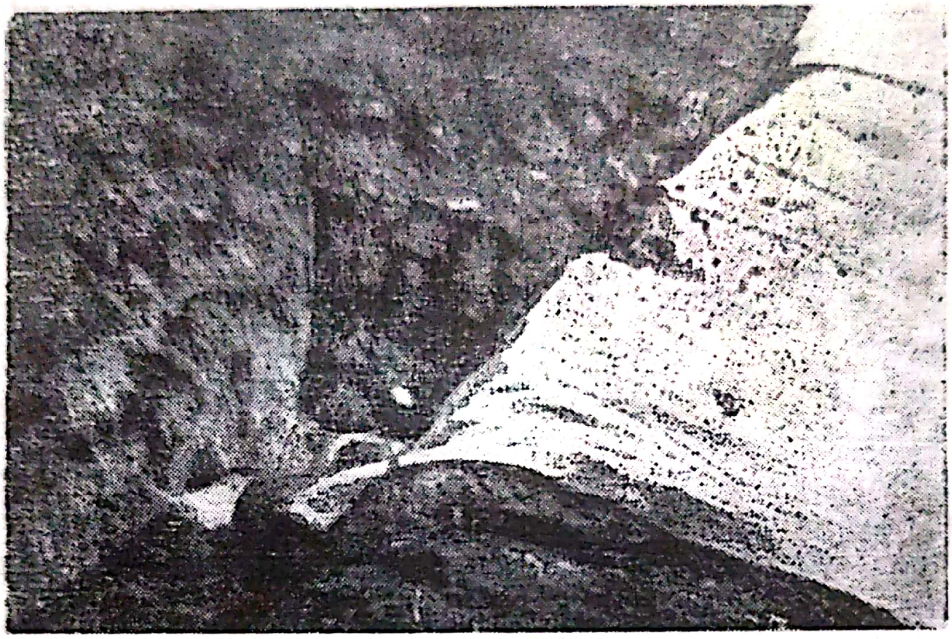


Fig. VIII.3. Ancorarea peliculei de polietilenă sau de PVC la partea superioară a taluzurilor.

după care stratul de protecție poate fi completat pînă la grosimea prevăzută în proiect cu ajutorul mașinilor (fig. VIII.4);

— după așezarea stratului (sau straturilor) de material de protecție se trece la umplerea lacului. La lacuri de capacitate mare se recomandă ca operațiile de așezare a stratului de protecție și umplerea lacului să se facă în trepte, înainte ca pelicula să fie ancorată la margine, pentru a se asigura buna așezare a peliculei pe fundul lacului sub greutatea stratului de protecție și a apei, și a se evita ruperea peliculei prin străpungere sau prin întindere peste capacitatea de rezistență a acesteia;

— în cazul în care se urmărește evitarea operațiilor de lipire sau de sudură a peliculelor pe șantier, aceste operații se execută în fabrică, iar pe teren se efectuează doar operațiile de despachetare și așezare. Ca exemplu se menționează [14], că digul unui lac artificial de 1 000 m³ capacitate, executat în umplutură (Australia), a fost impermeabilizat cu o peliculă din polietilenă de 0,1 mm grosime, sudată

electric la fabrică în folii de 30 × 45 m, iar pe terenul gata pregătit, despachetarea și așezarea unei astfel de folii a durat mai puțin de o oră;

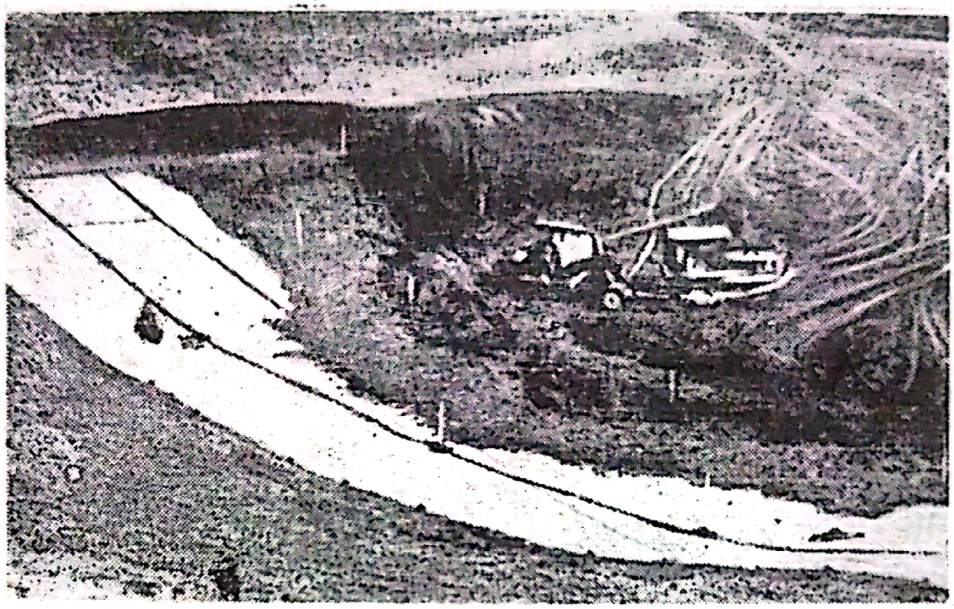


Fig. VIII.4. Completarea stratului de pământ pentru protecția peliculei la execuția lacurilor.

— în cazul în care lacurile impermeabilizate cu pelicule de polietilenă sau de PVC în timpul exploatării sînt pline în permanență, stratul de material de protecție așezat peste peliculă poate fi eliminat în întregime sau parțial, după caz.

Literatura de specialitate [5] menționează că pe baza rezultatelor obținute la Stația de Cercetări Experimentale Utah—S.U.A., impermeabilizările cu pelicule de polietilenă sau de PVC plastifiat pot fi folosite pe scară mare în proiectele de execuție pentru lacuri de acumulare și baraje. Experiențele efectuate cu peliculele de PVC de culoare neagră au determinat pe proiectanți să prevadă pentru astfel de impermeabilizări o durată în exploatare de 25 ani.

Alt material [13] recomandă ca peliculele care se folosesc să fie totdeauna de culoare neagră și să aibă grosimea minimă de 0,2 mm, din considerente privind rezistența la dezvoltarea vegetației acvatice.

Pentru execuția bazinelor pentru depozitarea apelor reziduale nocive de la diferite întreprinderi industriale, se recomandă folosirea peliculelor de PVC plastifiat cu grosimea de 0,5 mm [4].

Scanned with OKEN Scanner

3. REZERVOARE ȘI CONDUCTE

În lucrarea lui Schrader [18] se descriu procedeele privind impermeabilizarea și protecția anticorosivă prin căptușirea cu pelicule din PVC dur și plastifiant la rezervoarele de metal, beton și lemn, dîndu-se indicații tehnice asupra condițiilor ce trebuie îndeplinite de rezervoarele supuse căptușirii și indicațiile necesare pentru exploatarea rezervoarelor căptușite.

Recent s-a pus la punct un procedeu comod de căptușire a rezervoarelor cu pelicule de polietilenă, care elimină dificultățile întîmpinate la căptușirea rezervoarelor pe baza vechilor procedee care prevăd încălzirea puternică, pulverizarea cu flacără etc. și care nu asigurau întotdeauna o bună aderență a straturilor aplicate la materialul de bază.

Noul procedeu se bazează pe faptul că peliculele de polietilenă se pot lipi cu pelicule de poliizobutilenă, iar cele din urmă se pot lipi pe metal, beton și lemn cu adezivi cunoscuți și produși în prezent pe scară industrială. Suprafața care trebuie protejată se curăță prin sablare cu nisip sau cu alice de oțel (în funcție de natura suprafeței), se întinde stratul de adeziv prin pensulare, peste care se presează ușor cele două pelicule lipite între ele. Pentru a evita suprapunerile la capete, capetele peliculelor se ajustează cap la cap, se sudează cu un cordon de polietilenă și se etanșează suplimentar cu bandă subțire și îngustă din același material. Lucrările executate după acest procedeu cu circa doi ani în urmă se comportă bine în exploatare.

Altă lucrare [7] descrie impermeabilizarea cu titlu experimental la o conductă de aducțiune a apei, executată din elemente prefabricate de beton armat, cu diametrul de 1,85 m și lungimea de 1 850 m, la întreprinderea de electricitate Brunico—Italia. Conducta s-a impermeabilizat în exterior cu o compoziție pe bază de rășină vinilică, pentru a împiedica pătrunderea apei din exterior în interiorul conductei.

Impermeabilizarea, în interiorul conductei, s-a executat cu pelicule de PVC semirigid în grosime de 1,5 mm la partea inferioară (pentru a se compensa printr-o grosime mai mare eventuala uzură mecanică a izolației, produsă de materiale transportate de apă în suspensie) și de 1,2 mm la partea superioară a conductei.

Scanned with OKEN Scanner

Peliculele din PVC s-au lipit de beton cu ajutorul unui adeziv special. În fig. VIII.5 și VIII.6 sînt redate aspecte din timpul execuției lucrării. La controlul tehnic efectuat după darea conductei în exploatare s-a constatat că impermeabilizarea realizată este perfectă și pierderile de sarcină în conductă sînt foarte reduse, datorită faptului că suprafața netedă a peliculelor folosite pentru impermeabilizare se menține și în timpul exploatării.

Se mai menționează că pelicule din poliizobutilenă cu denumirea comercială Opanol-BA au fost folosite la izolarea hidrofugă a tunelurilor Semmering (Austria) și a metroului din Stockholm.

4. CANALE PENTRU TRANSPORTUL APEI

Peliculele din polietilenă și PVC plastifiat sînt folosite experimental în mai multe țări: U.R.S.S., S.U.A., R.P. Bulgaria, Italia etc., ca ecrane antifiltrante la canalele pentru transportul apei și în special la canalele sistemelor de irigații [1, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14]. Pe baza materialului documentar, în cele ce urmează se prezintă cîteva date asupra exprienţelor și lucrărilor efectuate în U.R.S.S., S.U.A. și Anglia.

Institutul Unional de Studii și Cercetări Hidrotehnice și pentru Ameliorații (VNIIG IM) în colaborare cu Institutul de studii și cercetări pentru mase plastice (NIIPM) au efectuat cercetări pentru folosirea diferitelor pelicule pentru impermeabilizarea canalelor de irigații și au studiat tehnologia de execuție a unor astfel de impermeabilizări. În acest scop s-au efectuat studii de laborator și lucrări experimentale în condiții de producție folosindu-se materialele arătate în tabela VIII.1, cu mențiunea că materialele pentru studiu au fost din cele produse curent de industria sovietică și deci nu conțineau adaosuri speciale (plastifianți și stabilizatori).

Pe baza studiilor au rezultat următoarele:

— peliculele de polietilenă și PVC pot fi lipite cu clei pe bază de compuși perclorvinilici, iar pelicula poliamidică cu clei PK-5. Peliculele de polietilenă și poliamidă pot fi și sudate, sudura dînd rezultate mai bune;

— canalele care urmează să se impermeabilizeze se execută cu secțiune trapezoidală, cu panta taluzurilor de 1 :2,5—1 :3m,

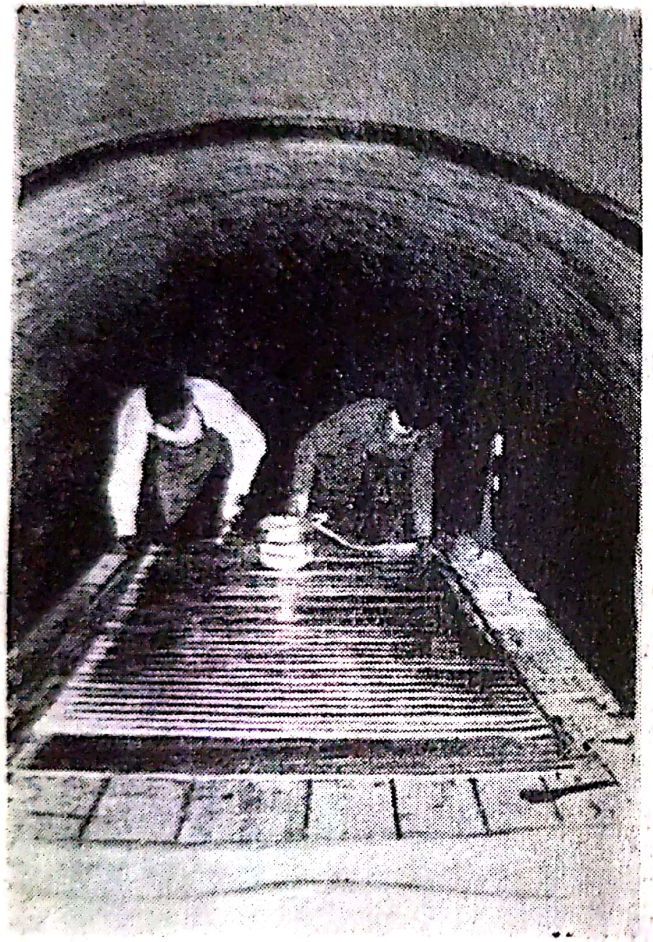


Fig. VIII.5. Aplicarea adezivului pe pelicula de PVC.

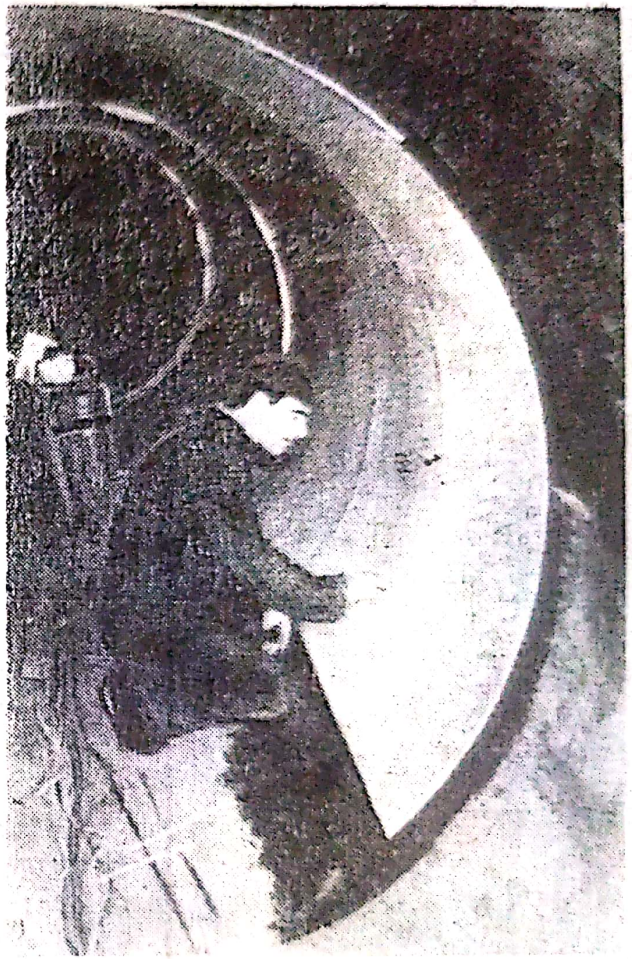


Fig. VIII.6. Lipirea peliculei de PVC pe beton.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela VIII.1

Materialele folosite la impermeabilizarea canalelor de irigații

Denumirea materialului	Grosimea peliculelor în mm	Lățimea în mm	Greutatea g/m²
Peliculă de polietilenă	0,085	800—1400	79
Peliculă de polietilenă	0,060	800—1400	56
Peliculă de PVC	0,15—0,27	1050	260*)
Peliculă de PVC	0,15—0,20	1050	260*)
Peliculă de poliamidă	0,07	1200—1300	70

*) La o peliculă cu grosimea medie 0,20 mm.

iar grosimea stratului de pămînt de protecție care se așază peste peliculă este de 0,25—0,30 m;

— reducerea pierderilor de apă prin infiltrații (în tronsoanele de canal experimental amenajate în colhozul Prietenia) este de circa 20 de ori mai mică decît în tronsoanele-martor (tabela VIII.2), în cazul folosirii peliculelor de polietilenă și PVC, și de circa 13 ori mai mică în cazul peliculei poliamidice;

Tabela VIII.2

Pierderile de apă în tronsoanele de canal experimental

Nr. tronsonului	Tipul ecranului	Grosimea peliculei mm	Lungimile tronsonului, m	Pierderile de apă în cm/zi
1	Control-teren natural	—	110	48,0
2	Peliculă polietilenă	0,085	56,7	2,2
3	Peliculă polietilenă	0,060	92,7	2,4
4	Peliculă P.V.C.	0,19—0,27	—	—
5	Peliculă P.V.C.	0,15—0,20	41,3	2,4
6	Peliculă poliamidică	0,07	98,0	3,8
7	Control-fără ecran	—	126,3	54,0

— la canalele experimentale cu ecrane din peliculele menționate mai sus cu strat de protecție din pămînt în grosime de 25—30 cm, după doi ani de exploatare în condițiile din

Scanned with OKEN Scanner

stepa Flămînda, nu s-au constatat creșteri sensibile ale pierderilor prin infiltrații;

— variația proprietăților peliculelor în timp este arătată în tabela VIII.3, din care rezultă că rezistența peliculelor crește într-o anumită măsură, însă elasticitatea peliculelor scade;

Tabela VIII.3

Variația proprietăților peliculelor pe bază de compuși macromoleculari după un an de exploatare în ecrane, în condițiile din stepa Flămînda

Denumirea materialelor	Rezistența la întindere, kgf/cm²		Alungirea relativă %	
	La livrare	După exploatarea de 1 an în ecran	La livrare	După exploatarea de un an în ecran
Peliculă de polietilenă	106	145—160	280	160—200
Peliculă de PVC	110	190—240	360	175—200
Peliculă poliamidică (în lungul fibrei)	520	700—750	223	20—80

— studiul peliculelor la stabilitate sub acțiunea mucegaiului a arătat că peliculele de polietilenă și cele poliamidice nu constituie un mediu prielnic dezvoltării mucegaiului;

— observațiile asupra comportării ecranelor la creșterea vegetației au arătat că în cîteva locuri ecranele au fost distruse de lujerii unei vegetații mai puternice, fapt care implică tratarea solului cu ierbicide;

— de asemenea s-a stabilit că stratul protector, în cazul unei pante mai mari de 1 : 2,5, alunecă după ecranele alcătuite din pelicule cu suprafață netedă.

În anul 1960 analizîndu-se posibilitatea mecanizării lucrărilor la execuția canalelor de irigații cu ecrane din pelicule de polietilenă și PVC s-a executat în stepa Flămînda un sector experimental în lungime de 1 km pe canalul magistral T.M.-1.

Scanned with OKEN Scanner

Sectorul de canal experimental avea următoarele dimensiuni: h = 1,6 m; b — 1 m; panta taluzurilor de 1:2,5 și a fost calculat pentru un debit de 1,5—2,0 m³/s.

Pentru execuția ecranelor s-au folosit pelicule negre de polietilenă cu grosimea de 0,14—0,15 m și lățimea de 2,8 m și pelicule negre din PVC cu grosimea de 0,2—0,3 mm cu lățimea de 1,3 m.

Peliculele au fost sudate electric între ele. Temperatura optimă pentru sudarea peliculelor a fost pentru polietilenă de 190°C, și de 230°C pentru PVC, iar viteza de sudare (realizată) a fost de 0,7 și 0,4 m/min.

Greutatea peliculei sudate cu lungimea de 50 m pentru polietilenă și 25 m pentru PVC, la o lățime de 11 m, a fost de 50—70 kg.

Pregătirea profilului canalului și aplanarea suprafețelor s-au făcut manual, după șabloane. Apoi suprafața pe care urma să se așeze ecranul a fost stropită cu un ierbicid (25 kg/ha), sub formă de emulsie, după care s-au așternut peliculele care constituiau ecranul (fig. VIII.7). Marginile

Fig. VIII.7. Așezarea peliculei de polietilenă pe secțiunea canalului.

peliculelor s-au introdus la partea superioară a canalului într-un șanț și s-au acoperit cu pământ pentru ancorare. Pe ecranul din peliculă de PVC, stratul de protecție de pământ

Scanned with OKEN Scanner

cu grosimea de circa 30 cm s-a așezat cu ajutorul unui excavator cu lopata întoarsă, descărcîndu-se pămîntul direct pe ecran de jos în sus (pentru a nu întinde pelicula). Pe ecranul

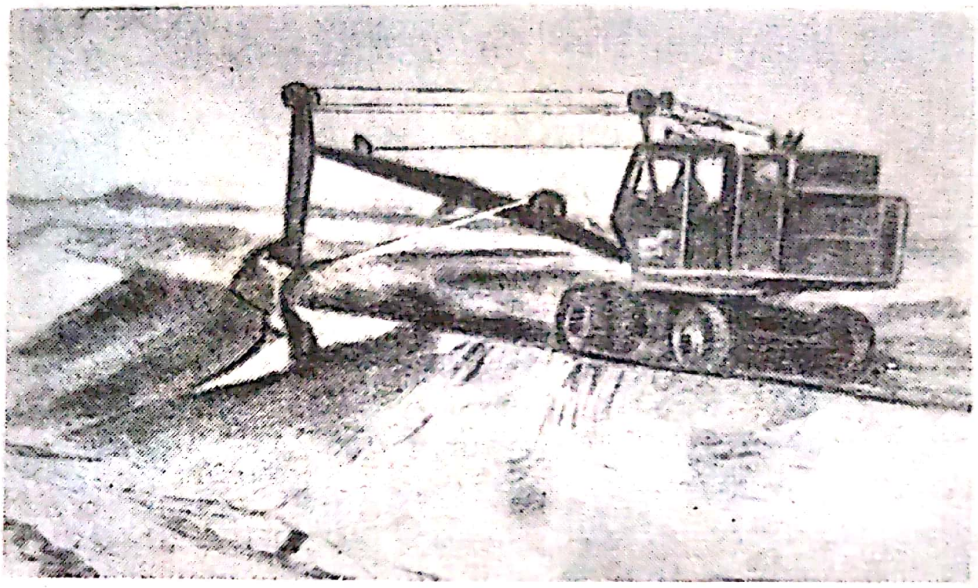


Fig. VIII.8. Execuția stratului de pămînt de protecție cu ajutorul excavatorului.

din peliculă de polietilenă s-a așezat manual un strat de pămînt mărunțit de 5—7 cm grosime, după care completarea stratului de protecție s-a executat cu excavatorul, ca și la pelicula de PVC. Aspecte din timpul execuției acestor lucrări experimentale sînt redate în fig. VIII.8 și VIII.9.

Fig. VIII.9. Sector de canal cu ecran din peliculă de polietilenă.

Scanned with OKEN Scanner

În experiențele efectuate în S.U.A. s-au încercat două moduri de așezare a peliculei, la suprafața canalului și sub un strat de protecție, folosindu-se pelicule de PVC de 0,4—0,8 mm grosime și de polietilenă de 0,15 — 0,6 mm grosime.

Au fost încercate atît pelicule de culoare albă, cît și pelicule de culoare neagră și s-au constatat următoarele:

— în cazul așezării peliculei pe suprafața canalului, ecranul este supus acțiunilor mecanice (datorită materialelor transportate de apă în suspensie), variațiilor de temperatură și insolației care influențează negativ elasticitatea materialului din ecran, dezvoltarea vegetației sub membranele transparente etc.;

— în cazul peliculelor îngropate, trebuie avute în vedere cheltuielile suplimentare pentru realizarea stratului de protecție; faptul că în acesta se dezvoltă vegetația care deteriorează pelicula, precum și volumul de excavații suplimentare necesitat de asigurarea de pante comode ale taluzurilor și viteze mai reduse ale apei în exploatare, deoarece circulația apei se face pe un material pămîntos deranjat, iar folosirea unui strat de protecție din material mai rezistent (piatră spartă, balast etc.), la canale de irigații, este discutabilă din punct de vedere economic;

— pelicula de culoare neagră prezintă rezistență mai bună, oricare ar fi modul de așezare la suprafața canalului, sau sub un strat de protecție. În cazul așezării peliculei la suprafața canalului, pelicula de polietilenă neagră s-a dovedit superioară peliculei de PVC plastifiat;

— avînd în vedere cele de mai sus, unii specialiști propun ca pentru execuția canalelor să se folosească peliculă de polietilenă de culoare neagră cu grosimea de minimum 0,20 mm, care să se așeze la suprafața canalului, chiar dacă în unele cazuri înlocuirea peliculei ar trebui făcută în medie la doi ani. Această soluție permite pante ale taluzurilor și viteze ale apei în exploatare ceva mai mari, soluția fiind astfel mai economică.

Din lucrările executate în Anglia se menționează cele efectuate la amplasarea minelor de cărbuni deschise de la Polesworth—Warwickshire, unde a trebuit să se abată cursul rîului Anchor (fig. VIII.10) într-un canal de deviație lat de 24,40 m și adînc de 10,70 m, trebuind să se prevină in-

Scanned with OKEN Scanner

filtrația apei înspre mina deschisă, situată la circa 76 m sub nivelul terenului. Lucrările de impermeabilizare s-au efectuat cu peliculă de PVC de culoare neagră, de 0,36 mm grosime. Peliculele s-au adus pe șantier în foi (20 bucăți

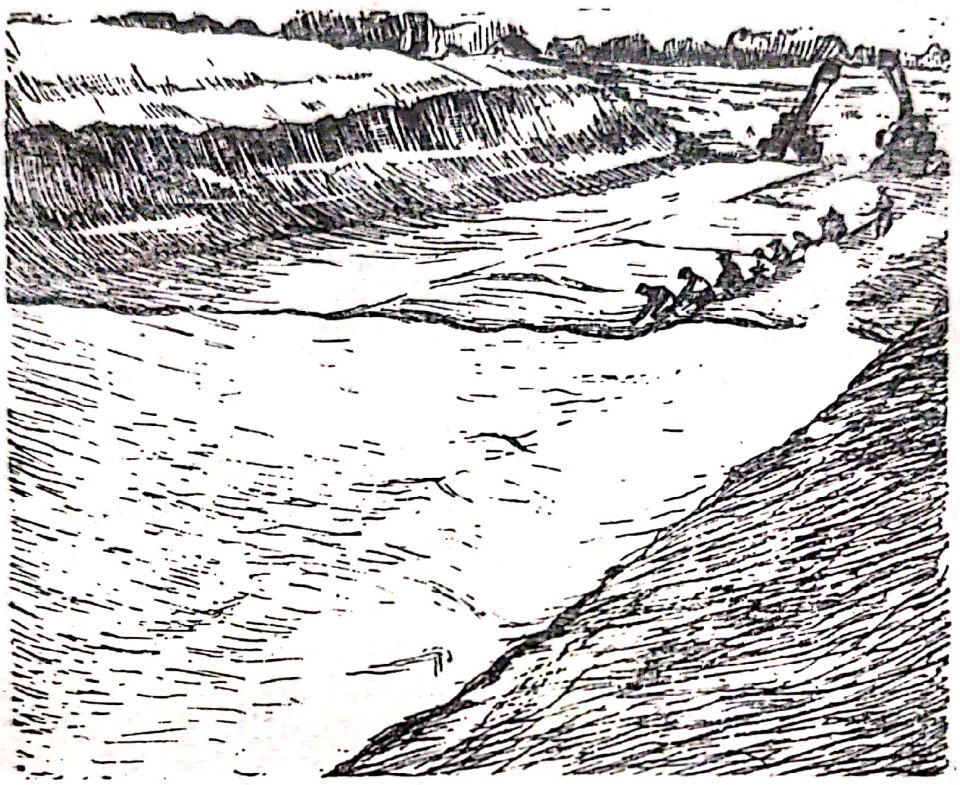


Fig. VIII.10. Aspecte din timpul impermeabilizării cu peliculă din PVC la abaterea rîului Anchor (Anglia).

de 42,70×27,4 m și una de 27,45×18,30 m), care au fost sudate pe șantier într-o singură folie cu dimensiunile de 576 m lungime și 43 m lățime. Sudura s-a executat pe șantier și a avut lungimea de circa 7,50 km. Sudura și acoperirea peliculei cu pămîntul de protecție a durat șase zile.

Pentru această lucrare s-au consumat 11 t peliculă PVC, fiind considerată una dintre lucrările cele mai importante de acest gen din Anglia.

În țara noastră se produc de cîtva timp pelicule de PVC plastifiat și polietilenă și unele institute ca I.S.C.H., Institutul de studii și proiectări agricole și stațiuni experimentale ale Institutului de cercetări agronomice au întreprins — începînd din anul 1960—1961 — studii pentru folosirea acestora la canalele de irigații.

Scanned with OKEN Scanner

Datele cercetărilor și lucrărilor experimentale efectuate în diferite țări converg spre a indica bune perspective în direcția folosirii peliculelor de polietilenă, PVC și poliizobutilenă pentru execuția de ecrane impermeabile în lucrări hidrotehnice, de hidroameliorații etc., obținîndu-se o reducere substanțială a pierderilor apei prin infiltrații, sau o bună impermeabilizare, reducerea volumului de lucrări și scurtarea duratei de execuție pentru acestea, precum și importante economii bănești în realizarea a diferite lucrări.

5. FIȘII PENTRU ETANȘAREA ROSTURILOR

Ca dispozitive de etanșare la rosturile de dilatație ale construcțiilor hidrotehnice (pentru înlocuirea unor materiale scumpe) se folosesc fîșii din cauciuc profilat, fîșii din policlorură de vinil, fîșii din polietilenă sau din poliizobutilenă etc., care se lipesc pe beton cu adezivi speciali sau se înglobează în beton.

În Anglia se folosește PVC sub forma unei panglici profilate cu lățimea de 23 cm și nervuri longitudinale pe ambele părți. Acest material este indicat pentru folosință la presiuni pînă la 10 at.

La construcția hidrocentralei de la Krimenciug—U.R.S.S. s-au folosit experimental dispozitive de etanșare din PVC cu inserții din pînză de sticlă.

La construcțiile noii ecluze Hevrichenburg — R.F.G. s-au montat în rosturile de etanșare peste 1 500 m fîșii pentru rosturi din PVC etc. [2].

BIBLIOGRAFIE

1. Berezinski, A. P. și Solomatov, V. I. În: Ghidrotehninskoe Stroitelstvo, nr. 8, 1959, p. 12.
2. Blunk, G. În: Beton Herstellung Verwendung, nr. 5, 1961, p. 326; Kunstoffe, nr. 9, 1961, p. 592.
3. Danilova, V. G. și Rilkov, A. R. În: Ghidrotehnica i Meliorația, nr. 7, 1963, p. 43.
4. Doerpinghaus, H. E. În: Kunstoff — Rundschau, nr. 9, 1963, p. 445.
5. * * * În: Engineering, 190, nr. 4938, 1960, p. 787.
6. * * * În: Engineering, 196 nr. 5074, 1963, p. 77.

Scanned with OKEN Scanner

7. Feraris, E. În: Materie Plastiche, nr. 2, p. 117 și 11, 1963, p. 1016.
8. Ignatiuk, G. L. În: Ghidrotehnica i Meliorația, nr. 8, 1958, p.8.
9. Ionescu, I. În: Hidrotehnica, nr. 5, 1963, p. 183.
10. Ionescu, I. și Enculescu, M. *Întrebuințarea maselor plastice pentru impermeabilizarea și protecția anticorozivă a construcțiilor hidrotehnice*, București, I.S.C.H., 1964.
11. Imbertson, N. M. În: Journal American Water Works Association, nr. 11, 1960, p. 1373.
12. Karamian, G. A. În: Ghidrotehnica i Meliorația, nr. 2, 1964, p. 34.
13. Lauritzen, C. W. În: Journal American Water-Works Association, nr. 2, 1964, p. 135.
14. Lepidovski, M. K. În: Ghidrotehnica i Meliorația, nr. 6, 1959, p. 60.
15. Novikovski, V. E. și Sokolskaia, V. S. În: Ghidrotehnica i Meliorația, nr. 4, 1961, p. 22.
16. Pesentin, P. A. și Igonin, L. A. În: Ghidrotehniceskoe Stroitelstvo, nr. 12, 1963, p. 3.
17. Rilkov, K. A. În: Ghidrotehniceskoe Stroitelstvo, nr. 2, 1964, p. 56.
18. Schrader, W. *Prelucrarea și sudarea materialelor plastice* (trad. din l. germană), București, Editura tehnică, 1962.
19. Wenzel Klaus. În: Schweizerische Bauzeitung, nr. 26—27, 1963, p. 475 și p. 487.

Scanned with OKEN Scanner

4

CAPITOLUL IX

STABILIZAREA ȘI CONSOLIDAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUȘI MACROMOLECULARI

1. GENERALITĂȚI

În ultimii 20 de ani tehnica stabilizării și consolidării pămînturilor cu lianți minerali și lianți bituminoși a înregistrat succese importante, avantajoase din punct de vedere tehnico-economic, fapt care a dus la creșterea considerabilă a volumului de lucrări executate din pămînturi stabilizate și lărgirea domeniului de aplicabilitate ale acestora: drumuri și aerodroame, lucrări hidrotehnice și de hidroameliorații, construcții civile și industriale etc.

Stabilizările cu lianți minerali și bituminoși prezintă și unele dezavantaje, și anume:

— inaplicabilitatea metodelor și procedeelor tehnologice în anumite condiții atmosferice, în cazul pămînturilor cu umiditate mare, precum și în cazul pămînturilor cu aciditate mare, sau cu conținut ridicat de diferite substanțe dăunătoare etc.;

— durata relativ mare a intervalului de la aplicarea procesului tehnologic pînă la darea în exploatare a lucrării.

Avîndu-se în vedere că folosirea compușilor macromoleculari în diferite domenii a dus la obținerea de rezultate bune, în U.R.S.S., S.U.A., R.P.Polonă etc. s-au întreprins în ultimii 10—15 ani cercetări pentru stabilizarea și consolidarea pămînturilor cu diferite tipuri de compuși macromoleculari și substanțe cationice organice. Rezultatele obținute sînt promițătoare și arată că unele produse folosite influențează favorabil indicii geotehnici ai pămînturilor, iar altele atît indicii geotehnici, cît și rezistențele mecanice,

Scanned with OKEN Scanner

absorbţia de apă, permeabilitatea etc. Cercetările întreprinse mai urmăresc să obţină procedee cu ajutorul cărora să se stabilizeze, sau să se consolideze, în timp relativ scurt (în anumite cazuri 1—2 zile), pămînturi cu diferite grade de umiditate şi în condiţii atmosferice mai puţin favorabile decît cele indicate la stabilizările cu lianţi minerali şi bituminoşi.

2. CONDIŢII DE CALITATE PENTRU COMPUŞII MACROMOLECULARI

Condiţiile generale pe care trebuie să le îndeplinească un compus macromolecular pentru a fi folosit ca agent la stabilizarea sau la consolidarea pămînturilor sînt următoarele:

— să aibă aderenţă faţă de pămînt în prezenţa apei;

— să aibă coeziune moleculară internă mare;

— să polimerizeze în scurt timp de la amestecarea cu pămîntul, sau de la injectarea în pămînt (2—3 h pînă la maximum 5 zile), la temperaturi normale ca şi la temperaturi joase ale aerului;

— să lege în procesul de polimerizare cantităţi importante de apă;

— după polimerizare să fie insolubil în apă şi să-şi menţină timp îndelungat elasticitatea;

— să aibă bună rezistenţă la variaţii de temperatură şi la acţiunile microorganismelor;

— să necesite agenţi de întărire accesibili ca preţ de cost şi posibilităţi de procurare, avînd în vedere că în această categorie de lucrări, în prezent, sînt indicate în special procedeele de lucru la temperatura aerului;

— să poată fi diluat în caz de nevoie cu un lichid cu preţ de cost scăzut şi netoxic;

— să poată fi întrebuinţaţi pentru stabilizarea unei game cît mai largi de pămînturi etc.

Datele din literatura de specialitate [1 — 18] arată că pînă în prezent au fost studiaţi ca agenţi de stabilizare a pămînturilor mai multe tipuri de compuşi macromoleculari, în diferite ţări (tabela IX.1), urmînd a fi selecţionaţi pentru întrebuinţare, în practică, acele tipuri care îndeplinesc cel mai bine condiţiile tehnico-economice pentru diferite categorii de construcţii.

Scanned with OKEN Scanner

3. FACTORII CARE INFLUENŢEAZĂ ALEGEREA AGENTULUI DE STABILIZARE SAU DE CONSOLIDARE

Dintre factorii care influenţează procesul de stabilizare sau de consolidare a pămînturilor cu compuşi macromoleculari şi deci condiţionează alegerea agentului de stabilizare şi a procedeului tehnologic de execuţie se menţionează:

— compoziţia fizico-chimică a pămîntului care impune alegerea unui anumit agent de stabilizare sau de consolidare;

— gradul de îndesare şi umiditatea pămîntului care se stabilizează şi care condiţionează alegerea agentului de stabilizare, dozajul şi procedeul tehnologic de execuţie a lucrării;

— condiţiile tehnice cărora trebuie să corespundă lucrarea în exploatare (rezistenţe mecanice, grad de impermeabilitate, rezistenţă la ape agresive etc.):

— tipul lucrării condiţionează în special alegerea procedeului tehnologic de execuţie. De exemplu, la stabilizarea straturilor de pămînt din fundaţia unui aerodrom, a unui drum sau căi ferate în construcţie, în funcţie de situaţia locală, se aplică procedeul amestecului şi prelucrării materialului care se stabilizează pe loc, sau procedeul amestecului în staţii fixe, transportul, întinderea şi compactarea în lucrare. Aceleaşi procedee pot fi folosite şi în cazul execuţiei unor diguri mai importante sau la execuţia nucleelor impermeabile ale barajelor de pămînt în construcţie. În schimb, pentru consolidarea terenului de fundaţie al unei construcţii (clădiri, terasamente C.F. etc.) aflate în exploatare se foloseşte de obicei procedeul injectării agentului de stabilizare şi consolidare. Procedeul injectării se foloseşte şi în cazul consolidării şi impermeabilizării pămîntului sau rocii din fundaţia unui dig sau baraj.

La stabilizarea (fixarea) nisipurilor de pe o plaje se poate aplica procedeul stropirii agentului de stabilizare.

4. STABILIZAREA ŞI CONSOLIDAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUŞI UREO-FORMALDEHIDICI

În U.RS.S., la Institutul de studii şi cercetări în probleme de fundaţii şi construcţii subterane, s-au efectuat cercetări pentru consolidarea pămînturilor şi protecţia diferitelor clădiri şi construcţii, împotriva cedării terenului de fundaţii. Studiile efectuate au arătat că aceşti compuşi pot fi utilizaţi

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.1

Compuşii macromoleculari studiaţi ca agenţi pentru stabilizarea şi consolidarea pămînturilor

Compusul şi întăritorul folosit	Pămîntul stabilizat sau consolidat	Procedeul tehnologic folosit	Stadiul de rezolvare a problemei	Tara unde s-au efectuat studiile
Acrilat de calciu + persulfat de amoniu şi tiosulfat de sodiu	Pămînturi argiloase cu umiditate mare	Amestec	Semiindustrial	S.U.A.
Metilolacrilamidă + persulfat de amoniu şi tiosulfat de sodiu	Pămînturi argiloase	Amestec	Laborator	S.U.A.
Compuşi ureo-formaldehidici + acid clorhidric	Nisipuri curgătoare	Injecţie	Semiindustrial	U.R.S.S.
		Injecţie	Industrial	U.R.S.S.
Monomer ureoformaldehidic stabilizat cu amoniac + acid oxalic	Nisipuri Lut nisipos Argilă nisipoasă	Amestec	Semiindustrial	U.R.S.S.
Monomer ureo-formaldehidic modificat cu dietilen-glicol + acid oxalic	Nisipuri Lut nisipos Argilă nisipoasă	Amestec	Semiindustrial	U.R.S.S.
Compuşi ureo-formaldehidici + acid clorhidric	Pămînturi argiloase acide	Amestec	Semiindustrial	U.R.S.S.
Compuşi ureo-formaldehidici	Pămînturi loessoide	Injecţie	Laborator	U.R.S.S.
Compuşi furfurol-anilină	Nisipuri	Amestec	Semiindustrial	U.R.S.S.
	Nisipuri argiloase	Amestec	Semiindustrial	U.R.S.S.
	Argile prăfoase	Amestec	Laborator	U.R.S.S.
	Pămînturi argiloase acide	Amestec	Laborator	U.R.S.S.
	Pămînturi loessoide	Amestec	Laborator	S.U.A.

Scanned with OKEN Scanner

Alcool furilic + clorhidrat de anilină	Pămînturi argiloase	Amestec	Laborator	U.R.S.S.
Alcool furilic + acid fosforic	Argilă aluvionară Nisip de dune	Amestec	Laborator	S.U.A.
Compuşi epoxidici	Nisipuri	Amestec	Laborator	S.U.A.
Latex de cauciuc dizolvat în petrol	Nisipuri necoezive	Stropire	Semiindustrial	U.R.S.S.
Compuşi cationici organici: — Arquad–2 HT — Arquad–2b — Armeen rezidue arquad — Armac-T — Amină crudă — Vinsol rezidue	Pămînturi argiloase Pămînturi loessoide	Amestec	Laborator	S.U.A.
Compuşi ureoformaldehidici + + clorură de amoniu şi urotropină	Nisipuri	Amestec	Laborator	Republica Socialistă România
Compuşi melaminoformaldehidici + clorură de amoniu şi urotropină	Nisipuri	Amestec	Laborator	„
Compuşi melaminoformaldehidici + acid oxalic	Pămînturi argiloase	Amestec	Laborator	„
Compuşi fenol-formaldehidici + acid benzen-sulfonic	Nisipuri Pămînturi argiloase	Amestec	Laborator	„

cu succes la consolidarea pămînturilor de fundaţie pentru construcţiile aşezate pe terenuri nisipoase cu granulaţie fină, ca urmare a viscozităţii reduse a compuşilor ureo-formaldehidici (care pot fi diluaţi cu apă) şi a rezistenţelor suficient de mari obţinute pentru pămînturile consolidate.

Rezistenţa pămînturilor nisipoase întărite depinde de concentraţia soluţiei de compuşi macromoleculari în apă [15]. Astfel, la un compus diluat de două ori în apă, în scopul obţinerii unei soluţii pentru injectare în nisipuri cu granulaţie fină şi coeficient de filtraţie mic, rezistenţa medie la compresiune obţinută pe materialul consolidat a fost de 15 kgf/cm², iar la o diluare a compusului de 1,5 ori în apă s-au obţinut rezistenţe medii la compresiune de 25 kgf/cm².

Experienţele efectuate în scopul studierii comportării pămînturilor nisipoase, consolidate cu compuşi ureo-formaldehidici, păstrate un timp mai îndelungat (pînă la şase luni) în medii chimice agresive, datorită infiltrării în pămînt a unor ape reziduale conţinînd soluţii de acid sulfuric sau soluţii bazice corosive, au arătat că materialul are o bună stabilitate la agresivitate chimică. Solidificarea (întărirea) compusului în pămînt, adică trecerea din stare lichidă în stare solidă, se poate obţine fie pe calea ridicării temperaturii şi presiunii (cum este cazul compuşilor ureo-formaldehidici, care sînt materiale termoreactive), fie la temperatură normală, prin adăugarea unui agent întăritor (coagulant).

Experienţele Institutului chimico-tehnologic Mendeleev au arătat că un întăritor bun este acidul clorhidric. Proporţia optimă de întăritor HCl (5%) pentru a obţine întărirea compusului în timp de 1,5—6 h este 1—3% din greutatea compusului macromolecular.

Literatura de specialitate [1, 7, 10, 15] mai arată că întărirea compuşilor ureo-formaldehidici poate fi obţinută la temperatură mai joasă decît 15°C în timp de 48 h, prin folosirea ca întăritor a clorurii de amoniu şi a urotropinei în proporţie de aproximativ 1%, a acidului oxalic şi acidului benzen-sulfonic în diferite proporţii etc.

Rezultatele obţinute în laborator au fost verificate în practică, în anul 1958, la Novgorod, pe terenul unor fundaţii care au suferit puternice deformaţii ca urmare a tasării pămîntului. Pămîntul de fundaţie era în acest caz un nisip

Scanned with OKEN Scanner

cu granulaţie fină îmbibat cu apă, de tipul terenurilor curgătoare cu coeficientul de filtraţie de ordinul a 1,5 m/24 h.

Consolidarea s-a făcut în modul următor: s-au bătut în pămînt injectoare la o adîncime de 4 m, prin care s-a introdus întîi o soluţie de acid clorhidric diluat (5%) la o presiune de 1—2 at; după aceea s-a introdus compusul ureo-formaldehidic diluat cu apă de două ori, în care s-a adăugat ca întăritor acidul clorhidric (cu concentraţia de 5%) în proporţie de 5% faţă de răşină *). Timpul de formare a gelului a fost în acest caz de circa două ore.

Pentru studiul realizării unui monolit cu suprafaţă mare din pămîntul consolidat pe această cale, injectoarele au fost aşezate separat cîte unul şi în grupuri de trei.

Pentru verificarea rezultatelor obţinute s-au făcut săpăturile necesare şi s-au constatat următoarele:

— pămîntul dintre injectoare a fost complet consolidat;

— rezistenţa la compresiune a probelor luate din masivele consolidate a fost de 25—30 kgf/cm² şi nu s-a observat o micşorare a rezistenţei de la centru spre periferie;

— permeabilitatea pămîntului consolidat a scăzut de cîteva sute de ori;

— consumul de compus macromolecular soluţie a fost de circa 200 l/m³ pămînt consolidat;

— studiile de laborator şi la scară semiindustrială au arătat eficienţa deosebită a compuşilor ureo-formaldehidici în cazul utilizării lor pentru stabilizarea şi consolidarea pămînturilor acide.

La Institutul Soiuzdornîi din U.R.S.S. s-au făcut, de asemenea, cercetări ample pentru stabilizarea pămînturilor cu compuşi macromoleculari [1, 7]; rezultatele obţinute sînt reprezentate grafic în fig. IX.1. şi IX. 2.

În general se constată că dacă umiditatea pămîntului argilos folosit la confecţionarea probelor creşte, rezistenţele epruvetelor la compresiune scad, iar pentru a evita o astfel de situaţie este necesar să se majoreze proporţia de agent întăritor, în anumite limite.

Profesorul Cercasov împreună cu P. A. Parfenov [1] au făcut încercări de stabilizare a pămînturilor supraumezite

*) Procentul de agent întăritor mai mare decît cel folosit în experienţele de laborator se explică prin creşterea umidităţii pămîntului cu care s-au efectuat experienţele.

Scanned with OKEN Scanner

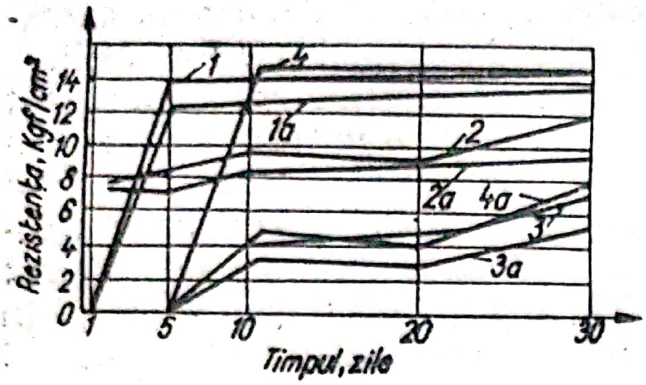


Fig. IX.1. Creşterea rezistenţei la compresiune a epruvetelor confecţionate din pămînt argilos (cu umiditate optimă) şi compuşi macromoleculari (epruvetele au fost saturate cu apă înaintea încercării):

1 — pămînt argilos cu 8% compus UF+0,8% HCl (10%); *2* — pămînt argilos cu 2% furfurol + 4% clorhidrat de anilină + 17% apă; *3* — pămînt argilos cu 2% alcool furilic + 4% clorhidrat de anilină + 17% apă; *4* — pămînt argilos cu 4% alcool furilic + 4% clorhidrat de anilină + 17% apă; *1a*, *2a*, *3a*, *4a* — rezistenţa epruvetelor păstrate pînă la data încercării în aer cu umiditate de 98%.

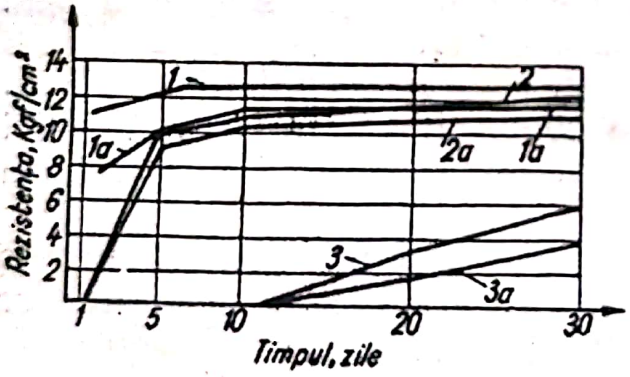


Fig. IX.2. Creşterea rezistenţei la compresiune a epruvetelor confecţionate cu pămînt argilos cu umiditate ridicată (23%) şi compuşi macromoleculari:

1 — pămînt argilos cu 8% compus UF+4% HCl (10%); *2* — pămînt argilos cu 8% compus UF + 0,8% HCl (10%); *3* — pămînt argilos cu 2% alcool furilic + 4% clorhidrat de anilină; *1a*, *2a*, *3a* — rezistenţa epruvetelor păstrate pînă la încercări în aer cu umiditate de 98%.

cu două tipuri de compuşi ureo-formaldehidici cu următoarele caracteristici:

1) Compus KM — monomer ureo-formaldehidic în soluţie apoasă, stabilizat cu amoniac:

— conţinutul în răşină, în soluţie — 40%;
— viscozitatea (după Ford-Engler) la 20°C — 100s.

2) Compus MF-17 — monomer ureo-formaldehidic în soluţie apoasă, modificat cu dietilenglicol:

— conţinutul în răşină, în soluţie — 70%;
— viscozitatea (după Ford-Engler) la 20°C — 600 s.

Ca întăritor (pe baza încercărilor de selecţie) s-a folosit acidul oxalic în procent de 4 — 5% din greutatea răşinii solide conţinute în soluţia de compus macromolecular. În studiu s-au folosit următoarele pămînturi:

1) nisip*) cu umiditatea de 16%;
2) lut nisipos*) cu umiditatea de 24%;
3) argilă nisipoasă*) cu umiditatea de 33%.

*) Autorii nu indică alte date asupra pămîntului folosit, granulozitatea, valoarea *p*H etc.

Încercările în vederea stabilirii procentului optim de compus macromolecular s-au făcut pe epruvete confecţionate cu cele trei tipuri de pămînturi, păstrate 24 h în aer liber*), sau 24 h în aer liber*) alternînd cu 24 h imersare în apă,

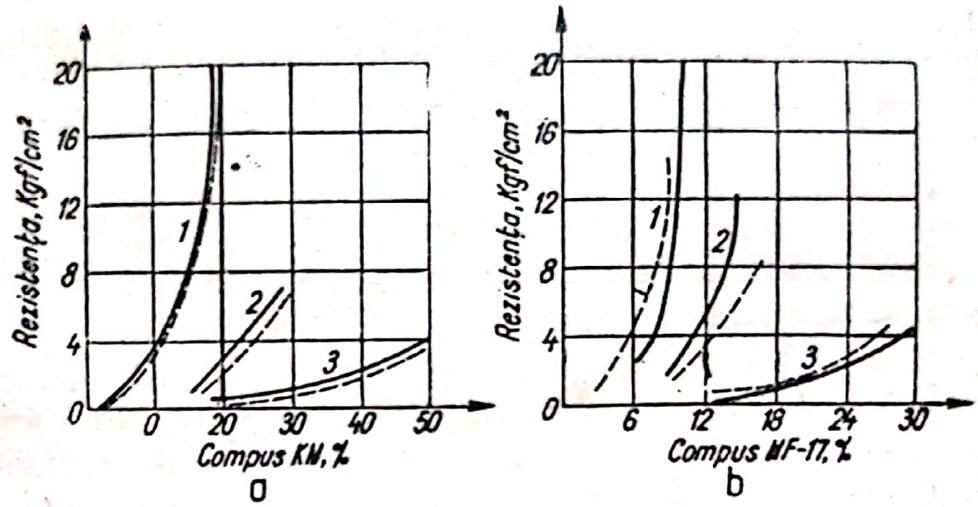


Fig. IX.3. Creşterea rezistenţei la compresiune a epruvetelor în funcţie de procentul de compus macromolecular:
1 — epruvete confecţionate din nisip şi compus macromolecular; *2* — idem, din lut nisipos şi compus macromolecular; *3* — idem, din nisip argilos şi compus macromolecular (liniile întrerupte reprezintă rezistenţa epruvetelor saturate cu apă timp de 24 h).

iar rezultatele obţinute sînt prezentate grafic în fig. IX.3, *a* şi *b* şi indică, în general, rezultate bune pentru pămînturile de la pct. 1) şi 2) (nisip şi lut nisipos) şi rezultate slabe la încercările cu pămîntul de la pct. 3 (argilă nisipoasă), chiar în cazul folosirii unor procente foarte mari de compuşi macromoleculari.

Din cele două tipuri de compuşi macromoleculari, rezultate mai bune s-au obţinut cu compusul MF-17.

Autorii mai precizează că rezistenţa epruvetelor creşte independent de condiţiile de păstrare pînă la data încercării (în aer sau sub apă). Creşterea rezistenţei este mai accentuată în primele şapte zile, după care creşterea este foarte lentă. Epruvetele supuse la şase cicluri de îngheţ-dezgheţ nu şi-au pierdut rezistenţa.

În cadrul unor lucrări experimentale semiindustriale pe drumuri desfundate, primăvara, circulaţia pe pămîntul supraumezit, stabilizat cu compuşi macromoleculari folosiţi

*) Nu se indică temperatura aerului.

în studiu, a fost posibilă la trei zile de la efectuarea operaţiei de stabilizare, după care rezistenţa a continuat să crească.

În fig. IX.4 s-a reprezentat variaţia rezistenţei epruvetelor confecţionate din amestec de lut nisipos şi compuşi macromoleculari, în funcţie de umiditatea iniţială a pămîntului, din care rezultă că umiditatea iniţială a pămîntului stabilizat influenţează sensibil rezistenţa epruvetelor la diferite termene de încercare.

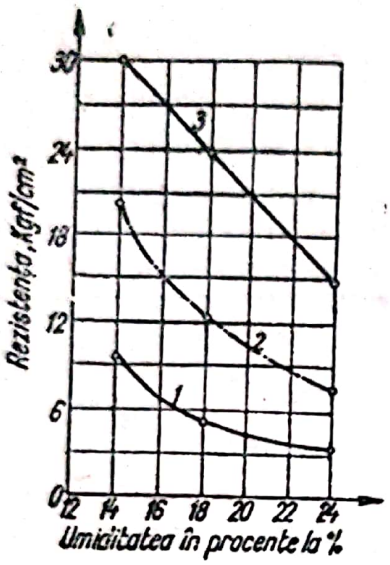


Fig. IX.4. Creşterea rezistenţei epruvetelor confecţionate din lut nisipos cu 20% compus macromolecular în funcţie de umiditatea iniţială a pămîntului şi vîrsta epruvetelor la data încercării:

1 — epruvete încercate la 24 h după confecţionare;
2 — idem, încercate la 7 zile;
3 — idem, la 28 de zile.

Pe baza experienţelor efectuate, autorii ajung la următoarele concluzii:

— stabilizarea pămînturilor supraumezite cu compuşi ureo-formaldehidici este pe deplin realizabilă;

— compuşii ureo-formaldehidici dau rezultate bune în special la stabilizarea nisipurilor şi luturilor nisipoase;

— în pămînturile supraumezite nu trebuie introdusă o cantitate suplimentară de apă pentru diluarea compusului macromolecular şi se recomandă folosirea de compuşi cu concentraţie mare în soluţie, sau a unor produse pulverulente.

A. Medvedev [12] arată că stabilizarea şi consolidarea pămînturilor cu compuşi macromoleculari de tip ureo-formaldehidici îşi găseşte aplicare pe scară mare la execuţia construcţiilor pe terenuri nisipoase, indiferent de gradul de umiditate al acestora, cu condiţia să aibă un coeficient de filtrare de maximum 5 m/zi, şi descrie lucrările industriale executate începînd cu anul 1961 la dezvoltarea uzinei metalurgice Novo-Lipeţk, unde pe baza instrucţiunilor Institutului de Studii şi Cercetări pentru terenuri de fundaţii şi construcţii subterane s-au executat următoarele lucrări:

— un zid de sprijin de 4 m înălţime şi 30 m lungime, necesitat de faptul că fundaţiile staţiei de comandă, situate la 0,60 m distanţă orizontală de tunelul pentru circulaţia

pietonilor (executat din beton armat), au fost proiectate a fi amplasate la o cotă inferioară cu 4,00 m fundaţiei tunelului. Astfel a fost necesară realizarea zidului de sprijin prin injectarea în pămîntul nisipos a compuşilor ureo-formaldehidici, după care s-a putut săpa groapa de fundaţie şi executa lucrările în bune condiţii:

— un zid de sprijin cu înălţimea de 10 m, necesitat de proiectarea unor fundaţii la o cotă inferioară cu 10 m de fundaţiile clădirilor existente, situate la distanţă orizontală de 1 m;

— consolidarea terenului de fundaţie de sub stîlpii clădirii principale a uzinei, pentru ridicarea capacităţii portante pînă la 12 kgf/cm^2 etc.

În execuţia lucrărilor menţionate s-a folosit următorul proces tehnologic:

— injectoarele alcătuite din ţevi perforate de 1 m lungime, cu diametrul exterior de 42 mm, s-au fixat la o maşină universală (cu posibilitatea de înclinare sub orice unghi a injectorului) şi s-au bătut în pămîntul nisipos cu ciocanul pînă la adîncimea necesară, după care în funcţie de necesităţi s-a prelungit cu tuburi neperforate de 1 m lungime şi acelaşi diametru, folosind nipluri de racordare;

— la fiecare treaptă de consolidare (de 1 m înălţime) s-a injectat în pămînt întîi acid clorhidric diluat (HCl 2%), după care s-a injectat compusul ureo-formaldehidic în amestec cu întăritorul (HCl 8%) în cantitatea rezultată, ca fiind optimă, pe baza încercărilor de laborator. Presiunea de injectare la care s-a lucrat a fost de 3 at. După terminarea injectării la o treaptă s-a prelungit injectorul cu încă un tub, s-a bătut încă 1 m şi procesul s-a repetat;

— la atingerea cotei prevăzută de proiect, tuburile prelungitoare şi injectorul s-au extras cu maşina universală folosită pentru introducerea acestora;

— injectoarele s-au dispus în şah la distanţa stabilită în proiect, în funcţie de coeficientul de filtrare al terenului.

Tot în U.R.S.S. s-au făcut, din anul 1959, cercetări pentru stabilizarea pămînturilor loessoide cu compuşi ureo-formaldehidici [10, 12].

În acest scop, în proba de pămînt cu structura netulburată s-au injectat soluţii apoase de compuşi ureo-formaldehidici fără agent întăritor, constatîndu-se următoarele:

Scanned with OKEN Scanner

— venind în contact cu soluţia folosită pentru stabilizare, pămîntul absoarbe compusul macromolecular pe suprafaţa microagregatelor componente sub forma unei pelicule de gel, care învelind scheletul structural macroporos al pămîntului îl stabilizează;

— reacţia cea mai intensă între pămînt şi compusul macromolecular se produce în perioada iniţială a injectării, ulterior creşterea peliculei de gel producîndu-se numai dacă se asigură alimentarea neîntreruptă cu compus macromolecular în soluţie apoasă, însă cu o intensitate mai slabă; procesul se încheie în momentul saturării complete prin absorbţie a pămîntului;

— viteza procesului de stabilizare a pămîntului depinde de activitatea chimică a pămîntului şi creşte o dată cu creşterea acesteia;

— scheletul structural al pămîntului alcătuit din particule izolate şi din microagregate, legate între ele cu cimenturi naturale, formează un sistem spaţial care capătă legături noi prin injectarea soluţiei, care consolidează mai puternic cimenturile de legătură ale sistemului şi le protejează împotriva acţiunii apei, făcînd ca pămîntul să devină rezistent la apă şi să nu se mai taseze, avînd în acelaşi timp rezistenţe mecanice mai mari;

— încercarea de probe din material loessoid stabilizat cu compuşi ureo-formaldehidici în edometru, cu umezirea lor sub sarcină, a arătat că acestea practic nu se mai tasează, în timp ce probele nestabilizate (probe de control) se comportă ca pămînturile tasabile;

— avînd în vedere caracterul instantaneu al reacţiei dintre soluţie şi pămînt, se presupune că procedeul va avea o largă aplicare la stabilizarea pămînturilor loessoide, în cazuri de apariţie a unor tasări în terenurile de fundaţie ale construcţiilor existente.

Pe baza rezultatelor obţinute în experienţele din laborator, ca şi la experimentări în condiţii naturale, şi avînd în vedere creşterea producţiei compuşilor ureo-formaldehidici în anii următori în U.R.S.S. şi reducerea continuă a costului acestora, specialiştii sovietici consideră că aceste produse ale industriei chimice vor avea în viitor o largă aplicare în lucrările de stabilizare şi consolidare a pămînturilor.

Scanned with OKEN Scanner

În ţara noastră s-a studiat folosirea compuşilor ureo-formaldehidici produşi de Combinatul Chimic Victoria, la stabilizarea pămînturilor, după cum urmează:

— clei Urelit-R — obţinut prin condensarea ureei cu formaldehida în mediu apos, în raport molar 1:2,1, conform N.I.M.I.Ch. nr. 1029/1957.

— clei Urefor obţinut prin condensarea ureei cu aldehida formică în raport molar 1:1,7, conform N.I.M.I.Ch nr. 1369/1960;

— clei Urelit-R — modificat cu melamină-URM.

În studiu s-au folosit următorii întăritori: întăritorul IR (amestec de clorură de amoniu şi urotropină); acidul clorhidric şi acidul oxalic.

Încercările de stabilizare s-au efectuat cu pămînturile P_1 (nisip din rîul Argeş), P_2 (lut argilos fracţiunea sub 0,005 mm = 42% şi pH = 7,4), P_3 (nisip prăfos cu conţinut ridicat de părţi levigabile), P_4 (loess din raionul Medgidia) etc.

Încercările la compresiune s-au efectuat pe epruvete cilindice ($H = D = 52$ mm), păstrate pînă la vîrsta încercării în aer cu 60—75% umiditate, sau în regim mixt (şapte zile în aer umed şi apoi în aer cu 60—75% umiditate).

Unele dintre rezultatele obţinute la încercările efectuate în ţara noastră [3, 4, 8, 9] sînt redate în fig. IX.5 şi IX.6, menţionîndu-se următoarele:

— la încercările efectuate pe epruvete din pămînt P_1 stabilizat cu clei Urelit-R s-au obţinut rezultate comparabile cu cele obţinute în cazul folosirii cleiului Urelit modificat cu melamină;

— rezistenţele mecanice obţinute la stabilizarea pămînturilor argiloase P_2 şi loessoide P_4 ating la 28 zile (indiferent de regimul de păstrare a epruvetelor) valori de 3—13 kgf/cm^2, în funcţie de procentul de clei folosit, de procentul de întăritor şi de tipul acestuia.

Folosirea cleiului Urelit-R la stabilizarea pămînturilor loessoide P_4, fără întăritor, duce la obţinerea unor rezultate mai bune decît în cazul folosirii celor trei tipuri de întăritori utilizaţi în studiu, ceea ce denotă că sărurile din pămîntul P_4 acţionează ca întăritori eficienţi pentru acest compus macromolecular, rezultatele fiind în concordanţă şi cu cele obţinute de M. T. Kuleev [10];

Scanned with OKEN Scanner

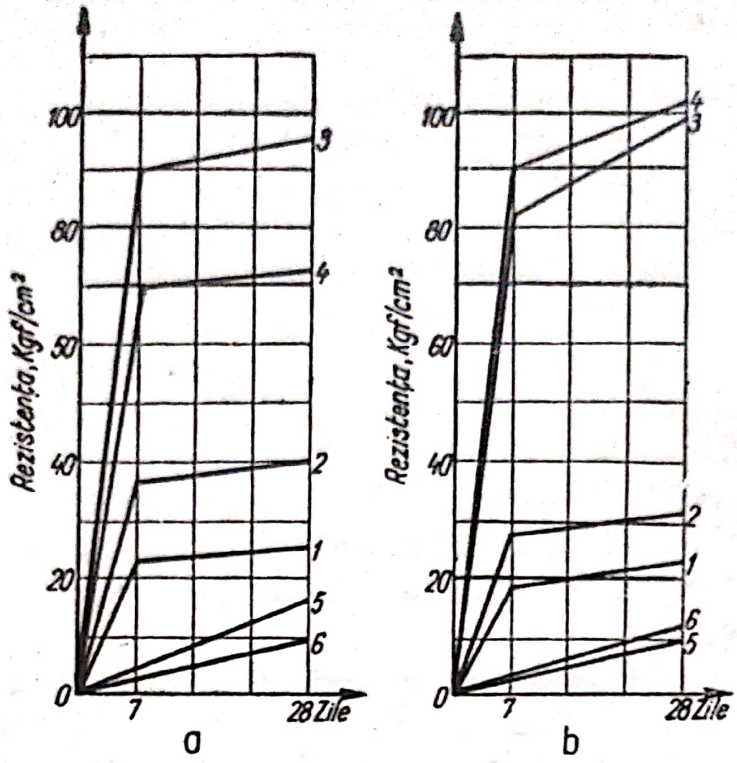


Fig. IX.5. Creşterea rezistenţei la compresiune a epruvetelor din pământ stabilizat cu clei Urefor:

a — în aer; *b* — regim mixt; *1* — pământ P_1 cu adaos 4% UREFOR şi 10% IR; *2* — idem, cu 8% UREFOR şi 10% IR; *3* — idem, cu 4% UREFOR şi 20% IR; *4* — idem, cu 8% UREFOR şi 20% IR; *5* — pământ P_3 cu 4% UREFOR şi 15% IR; *6* — idem cu 8% UREFOR şi 15% IR.

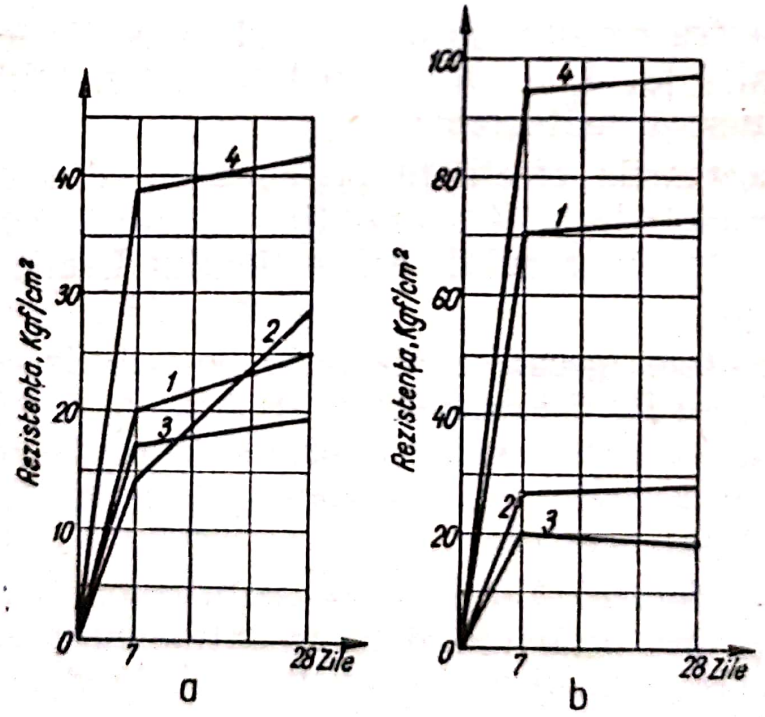


Fig. IX.6. Creşterea rezistenţei la compresiune a epruvetelor din pământ stabilizat cu clei Urelit R modificat cu melamină:

a — în aer; *b* — regim mixt; *1* — pământ P_1 cu 4% URM şi 5% IR; *2* — idem, cu 4% URM şi 10% IR; *3* — idem, cu 4% URM şi 15% IR (epruvete la care s-a manifestat friabilitatea); *4* — idem, cu 5% URM şi 10% IR.

— în cazul folosirii compușilor ureo-formaldehidici la stabilizarea pămînturilor nisipoase, creșterea principală de rezistență se înregistrează în primele șapte zile de la confecționarea epruvetelor, obținîndu-se rezultate mai bune în cazul păstrării epruvetelor în regim mixt;

— cleiurile ureo-formaldehidice încercate au eficiență tehnică de 2—3 ori mai mare decît cimenturile de marcă 400, în cazul cînd aceste materiale se folosesc în procente egale la stabilizarea pămînturilor;

— procentul optim de întăritor variază la aceste cleiuri în funcție de tipul pămîntului care se stabilizează și al cleiului folosit. De exemplu, în cazul stabilizării pămînturilor nisipoase, cleiul Urefor necesită un procent dublu de întăritor față de cleiul Urelit modificat cu melamină (v. fig. IX.5 și IX.6).

Compușii ureo-formaldehidici, studiați ca agenți de stabilizare în țara noastră, duc la obținerea de rezultate bune în special în cazul stabilizării pămînturilor nisipoase, independent de umiditatea pămîntului care se stabilizează. Folosirea acestora se poate face fără dificultăți atît în cazul proceselor de execuție cu amestecarea materialului de stabilizat în stații fixe, sau pe loc, cît și în cazul proceselor de execuție unde folosirea injectării este obligatorie.

5. STABILIZAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUȘI FURFUROL-ANILINICI

Rezultate bune s-au mai obținut de cercetătorii sovietici [7, 11] la încercările de stabilizare a pămînturilor acide cu furfurol-anilină. Astfel, amestecuri de pămînturi acide cu procente de 0,5 pînă la 2% furfurol și un procent dublu de anilină (în raport cu furfurolul) ating, la vîrsta de o zi, rezistențe la compresiune de 10 pînă la 25 kgf/cm², în funcție de compoziția granulometrică a pămînturilor folosite.

Procesul de întărire al acestor amestecuri și creșterea rezistenței față de apă decurg destul de rapid la temperatura normală, iar rezistența la 24 h de la confecționarea epruvetelor reprezintă 50—60% din rezistența maximă pe care pămîntul stabilizat o atinge la circa 20 de zile, în cazul pămînturilor nisipoase, și la circa 30 de zile la pămînturile argiloase.

Scanned with OKEN Scanner

Ca exemplu de folosire în practică a furfurolului şi anilinei pentru stabilizarea pămînturilor, în materialul documentar [11] se arată că în U.R.S.S. pe unele căi ferate forestiere se stabilizează stratul superior de pămînt din terasamente cu astfel de compuşi.

La acest tip de lucrări anilina şi furfurolul se adaugă în proporţie de 2:1 pînă la 3:1, iar dozajul variază de la 0,25% din greutatea pămîntului uscat, în cazul stabilizării balastului, pînă la circa 2% în cazul pămîntului argilos (tabela IX.2).

Tabela IX.2

Dozajele de furfurol-anilină recomandate la stabilizarea pămînturilor pentru terasamentele de căi ferate forestiere

Tipul pămîntului	Dozajele furfurol-anilină din greutatea pămîntului uscat, %	Umiditatea optimă de compactare %
Pămînt nisipos cu granulaţie optimă	0,7—1,0	9—11
Nisip argilos	1,0—1,25	10—17
Pămînturi prăfoase şi argiloase	1,25—1,75	16—22
Pămînturi argiloase	1,2 — 2,0	20—24
Balast cu fracţiune argiloasă peste 3%	0,25—0,50	—

Procesul tehnologic de execuţie este compus din următoarele operaţii:

— stratul superior de pămînt din terasament, adus la cota prevăzută în proiect, se mărunţeşte prin 1—2 treceri cu freza rutieră, sau prin 2—3 treceri cu grapa-polidisc, se stropeşte anilina folosind autogudronatorul şi se realizează amestecul pămîntului cu anilina prin 1—2 treceri cu freza rutieră, după aceea se stropeşte furfurolul şi se amestecă din nou prin treceri cu freza rutieră.

Scanned with OKEN Scanner

Se nivelează platforma cu autogrederul și se compactează stratul de pămînt stabilizat cu compactoare pe pneuri.

Pămîntul astfel stabilizat are modulul de deformație de 600—700 kgf/cm² în cazul argilelor prăfoase și pînă la 800—900 kgf/cm² în cazul nisipului argilos.

Rezistența la compresiune este de 6—7 kgf/cm² (cu mențiunea că sporind dozajul de furfurol-anilină la 6—7% se pot obține rezistențe la compresiune de pînă la 80—90 kgf/cm², însă în construcțiile căilor ferate forestiere, astfel de rezistențe nu sînt necesare). Stratul de pămînt stabilizat este impermeabil și nu permite creșterea vegetațiilor pe el. La execuția lucrărilor trebuie avute în vedere măsurile de protecție a muncii pentru lucrul cu substanțe toxice.

În R.P. Polonă s-au făcut cercetări de laborator pentru stabilizarea și consolidarea pămînturilor nisipoase [18] cu furfurol-anilină FA, care sînt prezentate succint în cele ce urmează:

Pentru cercetări s-a folosit: furfurol-anilină, nisip standardizat (de Biola Iowa) cu granulozitatea 0,5—1,5 mm și nisip măcinat (nu se dau indicații asupra finețiii de măcinare a nisipului) efectuîndu-se două serii de încercări.

Pentru prima serie de încercări s-au confecționat epruvete cilindrice ($d = 7{,}5$ cm; $h = 7{,}9$ cm), din amestecuri de 300 cm³ nisip cu granulozitatea de 0,5—1,5 mm, 50 cm³ nisip măcinat, variindu-se cantitatea de anilină și furfurol din amestec (în cm³) după cum urmează;

anilină: furfurol (FA) = 44: 22 (raport total de FA/nisip (FA/N = 0,19); 22: 11 (FA/N = 0,094); 11: 5,5 (FA/N = = 0,047); 5,5: 2,75 (FA/N = 0,023).

După cum se observă amestecurile de anilină și furfurol sînt aproximativ molare. Volumul total de anilină-furfurol din prima rețetă (66 cm³) a fost calculat să umple aproximativ 50% din volumul de goluri al amestecului de 350 cm³ nisip. Amestecul componenților și compactarea în forme s-au făcut manual, fără să se observe o reacție exotermică puternică (se face această precizare, deoarece amestecul anilinei și furfurolului fără nisip dă o reacție exotermică puternică).

Pentru a doua serie de încercări s-a păstrat aceeași cantitate de nisip (300 + 50 cm³) și, afară de anilină și furfurol, s-a adăugat apă: (vol. în cm³: anilină + furfurol: apă = 44: 22: 66; 22: 11: 33; 11: 5,5: 16,5; 5,5: 2,75: 8,25, se ob-

servă că raportul FA/N este egal cu cel folosit în prima serie de încercări, iar raportul apă/răşină (A/FA) = 1/1 la toate reţetele.

Încercările la compresiune (pe epruvete cilindrice păstrate în aer în intervalul confecţionare — încercare) au arătat că amestecurile de nisip cu furfurol-anilină FA ating, la vîrsta de patru zile, 50—60% din rezistenţa finală (pe care o ating la vîrsta de 21 de zile). Încercarea unor epruvete la vîrsta de 30 de zile nu a arătat o creştere importantă a rezistenţei.

Rezistenţa la compresiune a epruvetelor este în funcţie de raportul FA/N, dozajul de FA variind astfel de la 24 pînă la 190 l/m³ de nisip, iar rezistenţa materialului creşte de la 12,8 pînă la 156,4 kgf/cm² (fig. IX.7).

În cazul amestecurilor în care s-a adăugat şi apă, cu epruvetele păstrate în aceleaşi condiţii (în raportul A/FA = 1/1), se observă o creştere a rezistenţei de peste două ori, în cazul celui mai redus dozaj de FA (curba *4*) şi o scădere a rezistenţei la circa 50%, în cazul dozajului maxim de FA (curba 1, fig. IX.8); pentru celelalte dozaje, rezultatele obţinute se situează între aceste limite.

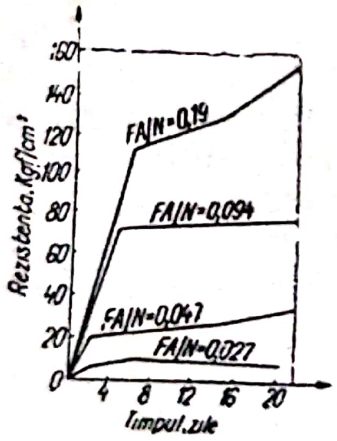


Fig. IX.7. Creşterea rezistenţei la compresiune în timp, în funcţie de raportul FA/N (raport apă/FA; FA = furfurol + anilină).

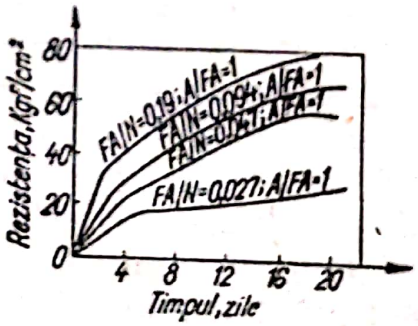


Fig. IX.8. Creşterea rezistenţei la compresiune în timp, în funcţie de raportul FA/N la epruvetele cu raportul Apă/FA = 1 păstrate în aer.

Epruvetele confecţionate după tehnologia din prima serie cu raport FA/N = 0,19, păstrate în apă pînă la data încercării, au la vîrsta de 30 de zile rezistenţe egale cu aproximativ 50% din rezistenţa epruvetelor păstrate în aer (curba 1,

fig. IX.9), iar epruvetele păstrate 30 de zile în HCl 5% şi H_2SO_4 5% au arătat o scădere a rezistenţei pînă la 5 kgf/cm².

Rezultatele încercărilor arată că amestecurile de furfurol-anilină şi nisip se întăresc atît în aer cît şi în apă, iar rezultatele care se obţin variază în funcţie de dozajul de furfurol-anilină, diluţia cu apă şi mediul de păstrare.

Pe baza rezultatelor obţinute, specialiştii polonezi consideră că stabilizarea şi consolidarea pămînturilor nisipoase cu furfurol şi anilină au bune perspective de a fi aplicate cu succes în viitor, în cazurile în care metodele şi procedeele folosite curent sînt inaplicabile.

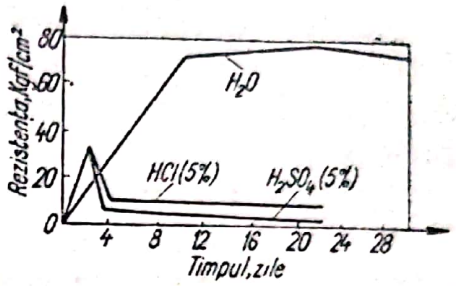


Fig. IX.9. Creşterea rezistenţei la compresiune în timp a epruvetelor cu FA/N = 0,19 păstrate în diferite medii chimice agresive.

6. STABILIZAREA ŞI CONSOLIDAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUŞI FURIL-ANILINICI, ACETAT DE AMONIU, ACRILAT DE CALCIU ŞI METILOL-ACRIL-AMIDĂ, CATIONI ORGANICI, ACID FOSFORIC ŞI ALCOOL FURILIC

Încercările de stabilizare a pămînturilor cu compuşi furil-anilinici (la condensarea în pămînt a unui alcool furilic cu clorhidrat de anilină), la temperatura normală (18—20°C), au arătat că formarea compusului şi creşterea rezistenţelor mecanice ale pămîntului încep abia după 10 zile, însă la epruvetele confecţionate în acelaşi mod şi supuse tratamentului termic, formarea compusului macromolecular şi creşterea rezistenţelor mecanice încep la intervalul de una — două ore de la confecţionare. Astfel la 70°C procesul începe peste două ore, iar la 105°C peste o oră. Rezistenţele la compresiune obţinute pe epruvetele confecţionate cu pămînt argilos şi păstrate în condiţii de temperatură normală, timp de 30 de zile de la confecţionare, au fost de aproximativ două ori mai mici decît cele obţinute pe epruvete confecţionate din aceleaşi materiale însă supuse timp de trei ore unui tratament termic la temperatura de 105°C.

Particularitatea compuşilor furil-anilinici constă şi în faptul că nu acţionează ca agent de stabilizare şi consolidare

a pămînturilor decît în cazul existenţei în pămîntul care se stabilizează a unui procent de particule argiloase coloidale mai mare de 10%.

Umiditatea pămînturilor exercită o influenţă negativă asupra operaţiei de stabilizare cu compuşi furil-anilinici.

Astfel, datorită necesităţii de a se supune tratamentului termic, amestecurile de pămînt cu alcool furilic şi clorhidrat de anilină, pentru accelerarea procesului de formare a compuşilor macromoleculari şi a creşterii rezistenţei mecanice, în prezent nu apare indicată stabilizarea cu aceşti compuşi.

Printre cercetările mai vechi efectuate în S.U.A. sînt menţionate [17, 18] cele efectuate de D. Davidson care a îmbunătăţit unele proprietăţi mecanice ale argilei plastice tratînd pămîntul cu o soluţie de acetat de amoniu, cu denumirea comercială Armac, în procente de 6—10%, demonstrînd că acest produs este indicat la stabilizarea pămînturilor cu plasticitate mare.

Tot în S.U.A. a fost elaborată metoda stabilizării pămînturilor cu umiditate mare (coeziunea acestora ajungînd pînă la limita de fluiditate), cu acrilat de calciu în prezenţa persulfatului de amoniu şi tiosulfatului de sodiu, folosiţi ca activatori. Această metodă prezintă avantajul că stabilizarea se poate face la temperatura obişnuită în timp de şase — opt ore. Ca dezavantaje ale metodei se consideră consumul mare de materiale (8—10% acrilat de calciu raportat la greutatea uscată a pămîntului şi circa 1% activatori), precum şi costul ridicat al acestora. Din aceste motive, în ultimii ani s-a propus utilizarea metilol-acril-amidei în locul acrilatului de calciu, fapt care permite reducerea preţului de cost într-o măsură sensibilă.

Cercetările de laborator întreprinse la Universitatea din statul Iowa în ultimii ani au arătat că foarte mulţi compuşi organici, care la dizolvarea în apă sînt capabili să furnizeze cationi organici macromoleculari, pot fi folosiţi pentru stabilizarea pămînturilor şi reducerea gradului de sensibilitate al acestora la acţiunea apei [2, 5, 6, 14, 17].

Din datele publicate rezultă că materialele sintetice folosite în studiile pentru stabilizarea pămînturilor depăşesc 20 ca număr şi unele dintre acestea acţionează asupra caracteristicilor geotehnice ale pămînturilor stabilizate, iar altele

Scanned with OKEN Scanner

atît asupra caracteristicilor geotehnice, cît şi asupra celor mecanice.

În lucrările lor unii autori [2, 5, 6, 14] pun accentul pe fenomenele de schimb de ioni dintre particulele fine ale pămînturilor şi compuşii întrebuinţaţi pentru stabilizare, avîndu-se în vedere următoarele:

— proprietăţile mecanice ale unui pămînt variază foarte mult, în funcţie de conţinutul în apă. Astfel, un pămînt compact şi întărit în anumite condiţii are rezistenţă mare la acţiunea diferitelor sarcini, în timp ce acelaşi pămînt (compactat) are rezistenţă mecanică din ce în ce mai slabă (rezistenţa tinde către zero), pe măsura creşterii gradului de umiditate;

— procentul de umiditate al unui pămînt şi orientarea moleculelor de apă spre particulele separate de pămînt pot fi influenţate prin introducerea în pămînt a unor cantităţi reduse de compuşi cationici organici;

— adaosul de cationi organici influenţează gradul de umiditate al unui pămînt în două moduri: a) prin reducerea cantităţii de apă absorbită de pămînt din mediul înconjurător şi b) prin modul în care apa este orientată, faţă de particulele de pămînt;

— substanţele cationice organice, în general aminele, au radicali cu 8—22 atomi de carbon şi sînt tratate, în majoritatea cazurilor, astfel ca să producă o sare solubilă, ca de exemplu o clorură organică;

— agenţii de stabilizare activi de suprafaţă obţinuţi pe baza celor de mai sus au structură moleculară elipsoidală, sînt dipoli, avînd un capăt cationic, încărcat pozitiv, de natură hidrofilă (din cauza sarcinii pozitive a grupului aminic) şi un capăt anionic, încărcat negativ, de natură hidrofobă (din cauza radicalului hidrocarbonat mare);

— cationii organici activi de suprafaţă se caracterizează, în general, prin faptul că grupul hidrofob se formează la dizolvarea compuşilor în apă;

$$C_{18}H_{27}NH_3Cl \rightleftharpoons (C_{18}H_{27}NH_3)^+ + Cl^-$$

sau

$$RNH_3Ac \longrightarrow RNH_3^+ + Ac^-$$

— cationii organici în cantităţi mai reduse decît echivalentul capacităţii de schimb de bază sînt absorbiţi repede în reacţiile de schimb de bază, iar cantităţile excedentare capacităţii de schimb de bază tind a fi absorbite într-o altă reacţie care depinde probabil de acţiunea forţelor van der Waals (în cercetările de la Universitatea din Iowa S.U.A., cationii organici au fost adăugaţi la pămînt în cantităţi mai mici decît echivalentul capacităţii de schimb de bază al pămînturilor studiate);

— substanţele chimice folosite în studiu trebuie să poată fi adăugate pămîntului în soluţie în apă, sau ca dispersie, pentru asigurarea bunei omogenizări cu pămîntul.

Dintre produsele industriei chimice, luate în studiu la stabilizarea loessurilor din statul Iowa, rezultate foarte bune au dat următoarele:

— Arquad-2HT — dispersie în apă — produs comercial;
— Arquad-2S — dispersie în apă — produs comercial;
— Armeen Rezidue Arquad — dispersie în apă — produs experimental;
— Armac-T — soluţie în apă — produs comercial;
— Amină crudă — soluţie în apă — produs comercial.

În tabelele IX.3, IX.4 şi IX.5 sînt redate unele dintre rezultatele acestor cercetări, după J. M. Hoover [6].

În concluziile acestor studii se arată:

— rezistenţa pămîntului cu adaos de produse cationice, după întărire şapte zile în aer, este mai redusă decît rezistenţa pămîntului fără adaos (tabelele IX.3 şi IX.4);

— rezistenţa la apă pentru epruvetele imersate indică mari posibilităţi pentru folosirea cationilor organici la stabilizarea pămînturilor loessoide;

— cantităţi foarte mici de substanţe chimice, 0,08—0,76% din greutatea pămîntului uscat, îmbunătăţesc mult stabilitatea loessurilor de Iowa;

— din compararea datelor asupra pămînturilor *A* şi *B* rezultă că substanţele chimice au dat rezultate bune atît pentru pămîntul plastic *B* (slab acid), cît şi pentru loessul friabil *A* (bazic), iar diferenţele dintre rezultatele obţinute în cazul celor două pămînturi se datoresc conţinutului în argilă şi tipului mineralelor (pămîntul *B* conţine un procent mai mare de minerale de tip montmorillonitic);

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.3

Rezultatele cercetărilor pentru stabilizarea pămîntului *A) cu unele produse chimice (epruvete cilindrice $h = d = 51$ mm)**

	Pămîntul fără adaos	Arquad 2HT	Arquad 2S	Armeen Reziduе Arquad	Armac T	Amină crudă
Produs chimic (% din greutatea pămîntului uscat)	—	0,08	0,16	0,38	0,24	0,30
Rezistenţa medie la compresiune după 7 zile de întărire în aer kgf	1 293	831	754	590	545	459
Rezistenţa medie la compresiune după şapte zile de întărire în aer şi 24 ore imersare în apă, kgf	—	150	141	150	98	118
Contracţia medie a probelor (în lungime) după şapte zile de întărire în aer, mm	0,305	0,188	0,259	0,216	0,168	0,170
Umflarea medie a probelor (longitudinală) după imersare timp de 24 ore, mm	—	0,516	0,436	0,279	0,394	0,279
Umiditatea epruvetelor după şapte zile de întărire în aer (în % din greutatea pămîntului uscat)	1,7	3,1	2,3	1,8	2,9	2,5
Umiditatea epruvetelor după 24 ore imersare în apă (în % greutatea pămîntului uscat)	—	9,0	7,7	7,7	9,5	8,0

*) Pămîntul *A*-loess de Wisconsin cu $I_p = 6{,}2\%$; $pH = 8{,}7$; carbonaţi (în $\%CaCO_3$) = 10,2; conţinut substanţe organice = 0,17%; capacitate de schimb de cationi mval/100 = 13,4; compoziţia: fracţiune sub $5\mu = 19{,}8\%$; sub $2\mu = 16{,}0\%$; I_p = indicele de plasticitate; mval = miliechivalenţi la 100 g pămînt.

— la aplicarea noilor procedee în practica stabilizării pămînturilor este posibil să se folosească utilajele care se întrebuinţează şi la stabilizarea cu lianţi minerali (ciment, var);

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.4

Rezultatele cercetărilor pentru stabilizarea pământului *B* *) cu unele produse chimice (epruvete cilindrice $h = d = 51$ mm)

	Pământul fără adaus	Arquad 2 HT	Arquad 2 S	Armeen Rezidue Arquad	Armac T	Amină crudă
Produsul chimic (% din greutatea pământului uscat)	—	0,45	0,45	0,60	0,76	0,60
Rezistenţa medie la compresiune după şapte zile de întărire în aer, kgf	1 462	472	604	476	653	481
Rezistenţa medie la compresiune după şapte zile întărire în aer şi după 24 ore imersare în apă, kgf	—	73	54	68	41	73
Contracţia medie a probelor (longitudinală) după şapte zile întărire în aer, mm	1,300	0,305	0,643	0,343	0,696	0,330
Umflarea medie (longitudinală) după 24 ore imersare, mm	—	1,313	1,278	0,559	1,549	0,508
Umiditatea epruvetelor după şapte zile de întărire în aer (în % din greutatea pământului uscat)	3,7	5,1	4,5	2,6	3,3	2,6
Umiditatea epruvetelor după 24 ore imersare în apă (în % din greutatea pământului uscat)	—	13,9	13,6	10,6	16,3	9,8

*) Pământul B—$I_p = 33{,}4$; $pH = 6{,}7$ carbonaţi (în % $CaCO_3$) = = 0,5. Conţinutul în substanţe organice = 0,37%; capacitatea de schimb de cationi mval/100 = 24,4; compoziţia: fracţiunea sub 5 μ = 39,4%; fracţiunea sub 2 μ = 33%.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.5

Rezistenţa medie la compresiune a epruvetelor cilindrice $h = d = 51$ mm din pămînt *A*, cu adaos de diferite substanţe chimice

Adaosul	% din greutatea pămîntului	Regimul de păstrare a epruvetelor	Rezistenţa la compresiune kg (după 24 ore imersare în apă)	Costul pe metrul pătrat de suprafaţă şi o grosime de 15,2 cm., dolari
Ciment portland	15	7 zile în mediu umed la 21°C	808	0,83
Var hidratat	6	Idem	113	0,38
Anilină-furfurol (2 : 1)	5	7 zile în aer	499	5,62
Arquad-2HT	0,08	Idem	104	0,17
Arquad-2S	0,16	Idem	141	0,40
Armeen Rezidue Arquad	0,38	Idem	150	0,20
Amină crudă	0,30	Idem	118	0,32
Pămînt fără adaos	—	Idem	s-a distrus în timpul imersării	

— se consideră că noile procedee vor putea fi aplicate în viitor şi la etanşarea unor bazine de apă, canale de irigaţii etc.

Materialele ample publicate de colaboratorii Universităţii din statul Iowa în problema stabilizării pămînturilor conţin numai date de laborator, fără să indice vreo lucrare la scară industrială la care să se fi aplicat noile procedee.

O altă lucrare americană [16] descrie studiile de laborator întreprinse pentru stabilizarea pămînturilor cu acid fosforic şi alcool furilic.

În studiu s-au folosit următoarele materiale, pămînturi: a) o argilă aluvionară şi b) nisip de dune, acid fosforic 80%, alcool furilic tehnic şi apă distilată, studiindu-se cu fiecare tip de pămînt 12 reţete.

Reţetele cu care s-a lucrat şi rezultatele obţinute sînt date în tabelele IX.6 şi IX.7, cu menţiunea că autorul consideră necesar să se continue cercetările pentru stabilirea tuturor parametrilor care influenţează proprietăţile pămînturilor stabilizate cu acid fosforic şi alcool furilic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.6

Efectul acidului fosforic şi alcoolului furilic asupra rezistenţei amestecurilor din argilă aluvionară

Acid fosforic %	Alcool furilic %	Umiditatea amestecului la compactarea epruvetelor %	Regimul de păstrare a epruvetelor pînă la data încercării:		Observaţii
			şapte zile în cameră cu umiditate peste 90% şi o zi imersare în apă distilată. Rezistenta, kgf/cm²	şapte zile în cameră cu umiditate peste 90%. Rezistenţa, kgf/cm²	
3	0	19,2	8,2	13,0	Acidul fosforic şi alcoolul furilic sînt exprimate în % din greutatea pămîntului uscat
	2	18	11,4	17,4	
	4	16,4	12,2	18,9	
	6	15,2	12,6	22,4	
4	0	18,1	9,7	15,2	I d e m
	2	17,1	15,1	19,4	
	4	15,7	17,9	21,6	
	6	14,6	21,0	29,4	
5	0	17,5	12,6	15,7	I d em
	2	18,9	16,7	20,5	
	4	16,6	15,6	23,4	
	6	16,4	21,9	31,2	

7. STABILIZAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUŞI MELAMINO-FORMALDEHIDICI ŞI FENOL-FORMALDEHIDICI

La Institutul de Studii şi Cercetări Hidrotehnice (I.S.C.H.) s-a cercetat în anii 1962—1963 posibilitatea folosirii compuşilor melamino-formaldehidici pentru stabilizarea pămînturilor [3, 8, 9]. Compuşii melamino-formaldehidici s-au reţinut în studiu pentru folosirea ca agenţi de stabilizare, din următoarele considerente:

— prezintă rezistenţă mecanică, termică şi aderenţă foarte bună;

— au rezistenţă bună la apă rece şi caldă, precum şi la acţiunea agenţilor chimici agresivi (acizi, baze etc.);

Tabela IX.7

Efectul acidului fosforic și alcoolului furilic asupra rezistenței amestecurilor din nisip de dune (0,074—2 mm—94%; 0,0074—0,005 mm—4%; sub 0,005 mm—2%)

Acid fosforic %	Alcool furilic %	Regimul de păstrare a epruvetelor pînă la data încercării: șapte zile aer și o zi în apă distilată Rezistență, kgf/cm²	Regimul de păstrare a epruvetelor pînă la data încercării: șapte zile în aer Rezistența, kgf/cm²	Observații
0,5	2	0	1,8	Acidul fosforic și alcoolul furilic sînt exprimate în procente din greutatea nisipului uscat.
	4	0	3,2	
	6	0	—	
1	2	1,2	5,5	
	4	2,0	10,2	
	6	3,9	20,2	
2	2	2,4	6,1	
	4	10,7	18,9	
	6	17,9	27,9	
3	2	1,8	4,6	
	4	8,8	17,6	
	6	20,3	29,5	

— cleiurile pe bază de compuși melaminici se diluează cu apă și se întăresc la temperaturi obișnuite, sub acțiunea unor produse (agenți întăritori) accesibili ca preț de cost și posibilități de procurare.

Au fost cercetate patru tipuri de compuși melamino-formaldehidici (notate M_1—M_4), diferențiate între ele după modul în care tolerează apa, și un compus melamino-formaldehidic în metanol, cu toleranță nelimitată pentru apă.

Întăritorii folosiți pentru compuși melaminici au fost întăritorul IR (amestec de clorură de amoniu și urotropină) și acidul oxalic.

S-au efectuat încercări de stabilizare a trei tipuri de pămînturi, notate P_1(nisip din rîul Argeș— balastiera Borlești), P_2

(lut argilos cu conţinut de fracţiune sub 0,005 mm în proporţie de 42% şi cu $pH = 7{,}4$) şi P_3 (nisip prăfos cu conţinut ridicat de părţi levigabile).

Încercările la compresiune s-au efectuat pe epruvete cilindrice ($H = D = 52$ mm) în mod curent la vîrsta de 7 şi de 28 de zile, păstrate în două regimuri diferite (un regim aer cu 60—75% umiditate după decofrare pînă la data încercării şi al doilea regim mixt — şapte zile în cutia cu aer umed— umiditate 100% şi apoi pe stelaj în laborator — aer cu 60——70% umiditate). De asemenea s-au încercat epruvete la vîrsta de 45—60 de zile şi epruvete imersate în apă 72 h pentru a obţine date suplimentare asupra variaţiei rezistenţelor.

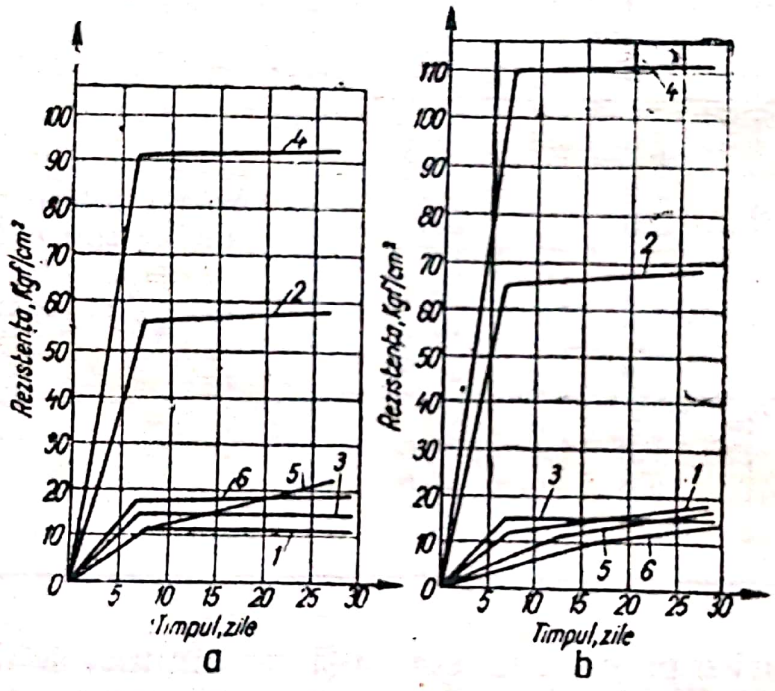


Fig. IX.10. Creşterea rezistenţei epruvetelor cu compus melamino-formaldehidic M_4:

a — epruvete păstrate după confecţionare în aer cu 60—75% umiditate; *b* — idem, în regim mixt; *1* — epruvete din pămînt P_1 cu 4% M_4 şi 10% întăritor IR; *2* — idem, cu 8% M_4 şi 10% IR; *3* — idem, cu 4% M_4 şi 15% IR; *4* — idem, cu 8% M_4 şi 15% IR; *5* — epruvete din pămînt P_2 cu 6% M_4 şi 15% întăritor AO; *6* — idem, cu 12% M_4 şi 7,5% AO.

Unele dintre rezultatele obţinute la încercările cu compusul melamino-formaldehidic M_4 sînt redate în fig. IX.10 *a* şi *b* cu menţiunea că la încercările cu compusul melamino-formaldehidic M_3 s-au obţinut rezultate similare. Compuşii

cu toleranță mică la apă (M_1 și M_2) au dat însă rezultate slabe la încercările efectuate.

O parte din rezultatele obținute la încercările cu compusul melaminic în metanol sînt redate în fig. IX. 11, *a* și *b*.

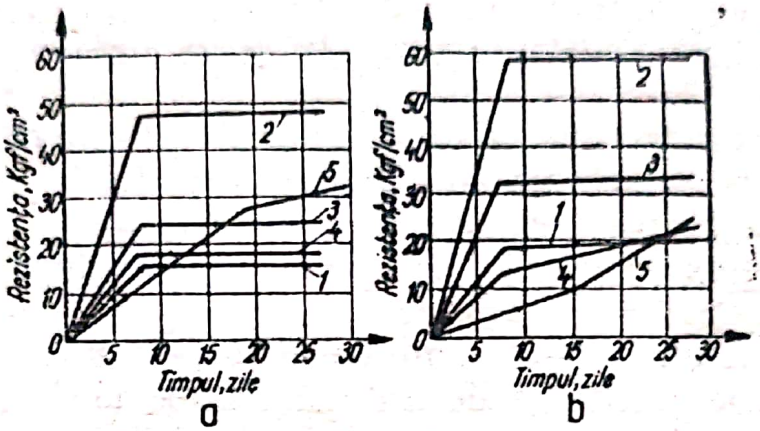


Fig. IX.11. Creșterea rezistenței epruvetelor cu compus melamino-formaldehidic în metanol (MFM):
a — epruvete păstrate în aer cu 60—75% umiditate; *b* — în regim mixt; *1* — epruvete din pămînt P_1 cu 4% MFM și 10% întăritor IR; *2* — idem, cu 8% MFM și 10% întăritor IR; *3* — idem, cu 8% MFM și 15% IR; *4* — epruvete din pămînt P_3 cu 8% MFM și 15%IR; *5* — epruvete din pămînt P_2 cu 6% MFM și 10% AO.

Pe baza încercărilor efectuate s-au tras următoarele concluzii:

— rezistențele mecanice ale pămînturilor nisipoase stabilizate cu compuși melamino-formaldehidici sînt influențate de procentul de rășină solidă din amestec și procentul de întăritor pentru compusul folosit;

— procentul de întăritor optim variază cu creșterea procentului de rășină solidă, de exemplu la procente*) de 8% rășină se obțin oarecare sporuri de rezistență prin majorarea procentului de întăritor**) de la 10 pînă la 15%, în timp ce la 4% rășină — majorarea procentului de întăritor de la 10 pînă la 15% duce la friabilitatea epruvetelor;

— creșterea rezistențelor în regimul aer reprezintă în primele șapte zile circa 98—100% din rezistența la 28 de zile, iar în cazul regimului mixt, circa 85—100%;

*) Rășina solidă este exprimată în procente din greutatea pămîntului uscat.

**) Întăritorii sînt exprimați în procente din greutatea cantității de rășină solidă folosită în amestec.

— regimul mixt asigură în general rezistențe mecanice mai ridicate la procente egale de rășină și întăritor (fig. IX.10, *a* și *b*);

— folosind compuși melamino-formaldehidici M_3 și M_4 la stabilizarea lutului argilos (P_2) și ca întăritor*) acidul oxalic se obțin rezistențe între 10 și 28 kgf/cm² la 28 de zile.

La încercările asupra pămînturilor stabilizate cu compusul melamino-formaldehidic în metanol (fig. IX.11, *a* și *b*) se constată în general următoarele:

— creșterea rezistenței încetează practic după vîrsta de șapte zile;

— epruvetele confecționate cu nisip (P_1) au dat la vîrsta de 28 de zile rezistențe de ordinul 16—60 kgf/cm²;

— procentul optim de întăritor pentru pămînturile nisipoase stabilizate cu compus melamino-formaldehidic în metanol este de 10%, la procentul de 15% întăritor IR; friabilitatea epruvetelor influențează sensibil rezultatele;

— la încercarea epruvetelor păstrate în regim mixt se obțin rezultate superioare (rezistențe mecanice) față de epruvetele păstrate în aer;

— la încercările epruvetelor confecționate din lut argilos (P_2) stabilizat cu compusul melaminic în metanol și întăritor acid oxalic (AO) s-au obținut, la vîrsta de 28 de zile, rezistențe de ordinul 26—31,0 kgf/cm² (fig. IX.11, *a* și *b*).

Absorbția de apă a epruvetelor imersate în apă 72 h, din pămînturi nisipoase stabilizate cu compuși melaminici, atinge valori de 1—8% și este în funcție de volumul de goluri din agregat, de gradul de compactare și de regimul de păstrare a epruvetelor, fiind minimă la epruvete cu volum redus de goluri, grad de compactitate mai avansat, păstrate în regim mixt.

Nu s-au observat scăderi de rezistență pentru epruvetele imersate în apă 72 h la vîrsta de 28 de zile.

Compușii melaminici de tipul M_3 și M_4, precum și compusul melamino-formaldehidic în metanol, studiați în țara noastră pentru a fi folosiți ca agenți de stabilizare a pămînturilor, pot fi folosiți cu bune rezultate la stabilizarea pămîn-

*) Întăritorii sînt exprimați în procente din greutatea cantității de rășină solidă folosită în amestec.

turilor nisipoase și pămînturilor argiloase. În execuție este indicat a se avea în vedere că pentru procesele tehnologice prin amestecare pe loc sau în instalații fixe pot fi folosiți toți cei trei compuși melamino-formaldehidici, în schimb, în cazul proceselor tehnologice unde injectarea este obligatorie, este indicat să fie folosit compusul melamino-formaldehidic în metanol, care are viscozitatea cea mai redusă și poate fi diluat cu apă în orice proporție.

Compusul fenol-formaldehidic de tip LS-1 a fost luat în studiu la I.S.C.H. avînd în vedere proprietățile sale: capacitate ridicată la aderență la diferite materiale, rezistență bună la îmbătrînire și durabilitate în timp, rezistență bună la apă și la diferiți agenți chimici corosivi etc.

Ca întăritor pentru această rășină s-au folosit acidul benzen-sulfonic (50% și 90%) și acidul oxalic.

Au fost încercate două tipuri de pămînturi — pămîntul P_1 (nisip din rîul Argeș) și pămîntul P_2 (lut argilos) — avînd caracteristicile menționate anterior.

Încercările la compresiune și întindere prin despicarea după generatoare s-au efectuat pe epruvete cilindrice ($H = D = 52$ mm), păstrate în două regimuri diferite, menționate în cazul compușilor melamino-formaldehidici. Pe epruvete de același tip s-a determinat absorbția de apă și, în mod informativ, permeabilitatea.

Unele dintre rezultatele obținute sînt redate în fig. IX.12 și în tabelele IX.8, IX.9.

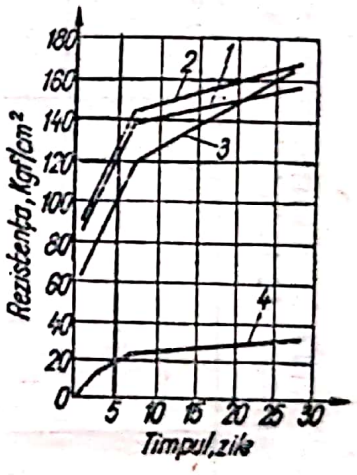


Fig. IX.12. Creșterea rezistenței la compresiune a epruvetelor cu compus LS-1:
1 — epruvete din nisip de Argeș cu 5% LS-1 și 0,8% întăritor (acid benzen-sulfonic); *2* — idem, cu 7,5% LS-1 și 1,3% întăritor; *3* — epruvete din nisip de Argeș cu adaos de nisip măcinat cu 7,5% LS-1 și 1,3% întăritor; *4* — idem, cu 7,5% LS-1, 2,4% întăritor și pămînt argilos.

Din analiza rezultatelor obținute reiese că folosind compusul fenol-formaldehidic de tip LS-1 ca agent de stabilizare a pămînturilor nisipoase se pot obține rezultate bune pentru nevoile practice, la procente foarte reduse de 2,5—3%. În cazul pămînturilor argiloase consumul de compuși fenol-

Tabela IX.8

Influenţa variaţiei procentului de întăritor (acid benzen-sulfonic) arupra caracteristicilor epruvetelor cu compuşi fenol-formaldehidici de tip LS-1

Nr. reţetei	Pământul		Compuşi	Întăritor acid benzen-sulfonic 90% în procente faţă de compusul LS-1	Rezistenţa, kgf/cm²						Observaţii
					Compresiune			Întindere prin despicare după generatoare			
	Tip	Părţi în greutate	Părţi în greutate faţă de nisip		3	7	28	3	7	28	
					zile			zile			
a) *Regimul aer*											
1	P_1	100	10 (6,4)	5,5 (7,5)	28	72	84	4	12	14	
2	P_1	100	10 (6,4)	11 (15)	84	88	101	11	11	12	
2	P_1	100	10 (6,4)	16,5 (22,5)	80	100	101	10	11	12	epruvetele devin friabile
4	P_1	100	10 (6,4)	22 (30)	37	58	59	6	8	6	
5	P_2	100	15 (9.6)	5,5 (7,5)	12	27	32	2	4,2	4,5	
6	P_2	100	15 (9.6)	11 (15)	12	30	36	2,5	4,5	4,8	

Scanned with OKEN Scanner

7	P_2	100	15 (9,6)	16,5 (22,5)	13	23	25	2,0	4,2	5,0	
8	P_2	100	15 (9,6)	22 (30)	16	30	34	2,8	4,6	4,5	

b) *Regimul mixt*

1	P_1	100	10 (6,4)	5,5 (7,5)	—	21,0	84,0	—	3,2	11	
2	P_1	100	10 (6,4)	11 (15)	—	50	96	—	10	12	
3	P_1	100	10 (6,4)	16,5 (22,5)	—	97	107	—	11	12	
4	P_1	100	10 (6,4)	22 (30)	—	31	30	—	3,2	3,5	
5	P_2	100	15 (9,6)	5,5 (7,5)	—	7	34	—	—	6,4	epruvetele devin friabile
6	P_2	100	15 (9.6)	11 (15)	—	11	—	—	3,0	—	
7	P_2	100	15 (9,6)	16,5 (22,5)	—	16	32	—	4,0	5,2	
8	P_2	100	15 (9,6)	22 (30)	—	21	33	—	4,5	5,1	

Observații: în coloanele 4 și 5 datele de la numitor reprezintă conținutul de compus LS-1 sau acid benzen-sulfonic în concentrație de 100%.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela IX.9

Influenţa variaţiei procentului de compus fenol-formaldehidic LS-1 asupra rezistenţei epruvetelor la procent de întăritor optim (10% acid benzen-sulfonic 100%)

Nr. reţetei	Pământul		Compus LS-1	Rezistenţa, kgf/cm²			
	Tipul	Părţi în greutate	Părţi în greutate faţă de nisip	Compresiune		Întindere prin despicare după generatoare	
				7 zile	14 zile	7 zile	14 zile
a) *Regim aer*							
1	P_1	100	5 / (3,2)	31	44	5,0	8,0
2	P_1	100	10 / (6,4)	91	134	11,0	15,0
3	P_1	100	15 / (9,6)	117	158	12,5	19,2
b) *Regim mixt*							
1	P_1	100	5 / (3,2)	16	31	3,0	4,0
2	P_1	100	10 / (6,4)	54	116	7,5	11,0
3	P_1	100	15 / (9,6)	92	131	10,2	13,0

Observaţii: În coloana 4 datele de la numitor reprezintă conţinutul de compus LS-1 în concentraţie de 100%.

formaldehidici pentru obţinerea aceloraşi rezultate este mai mare de aproximativ 2,5—3 ori decît la pămînturile nisipoase.

Valorile rezistenţelor pămînturilor stabilizate sînt dependente de granulozitatea pămîntului care se stabilizează, de procentul de compus fenol-formaldehidic folosit în amestec şi de procentul de întăritor folosit.

Scanned with OKEN Scanner

8. STABILIZAREA PĂMÎNTURILOR CU COMPUȘI EPOXIDICI ȘI LATEX DE CAUCIUC SINTETIC

În S.U.A. [13] s-au efectuat cercetări pentru stabilizarea caolinului și a diferitelor amestecuri de nisip cu compuși epoxidici. În studiu s-a folosit ca agent de stabilizare compusul epoxidic Epon-828 cu viscozitatea de 50—150 P la 25°C, iar ca întăritor pentru acesta, dimetil-amino-metil-fenol.

Amestecurile s-au preparat în laborator folosind o tehnologie specială, care cuprinde realizarea amestecului în emulsie apoasă, filtrarea apei în exces, confecționarea epruvetelor prin presare și accelerarea întăririi acestora prin tratament termic.

Rezultatele încercărilor efectuate au permis să se tragă următoarele concluzii:

— rezistența amestecurilor crește proporțional cu procentul de compus epoxidic pînă la o anumită limită, peste care sporul de rezistență înregistrat este redus în raport cu sporul de dozaj;

— dozajul optim (procentul) de compus epoxidic crește cu descreșterea mărimii particulelor materialului care se stabilizează. Astfel, dozajul optim variază între 2 și 12%, în funcție de granulozitatea materialului de stabilizat.

La nisipurile cu granulozitate corespunzătoare se pot obține rezistențe la compresiune de 80—100 kgf/cm² la un dozaj de circa 3,5% compus epoxidic, iar rezistența epruvetelor la întindere poate atinge 70—80 kgf/cm².

În ultimii ani s-au făcut încercări pentru stabilizarea nisipurilor prin acoperirea suprafeței acestora cu un film din latex de cauciuc dizolvat în petrol. Încercările efectuate asupra nisipurilor de pe plaja Scolt au arătat că, prin stropirea suprafeței nisipului cu soluție de latex dizolvat în petrol în cantitate de circa 60 g/m², nisipurile erau bine fixate după circa 8 luni, interval de timp în care nisipurile

Scanned with OKEN Scanner

stabilizate au fost expuse acţiunii agenţilor climatici şi parţial acţiunii mareelor.

Încercări similare efectuate în deşertul Neghev, unde s-a urmărit stabilizarea dunelor şi reducerea permeabilităţii terenurilor axiale, cu scopul de a se dirija apa de ploaie spre suprafeţe cultivate, au arătat că suprafaţa de teren tratată devine stabilă după circa trei zile şi în plus nu împiedică creşterea anumitor plante.

9. DOMENIILE DE FOLOSIRE A PĂMÎNTURILOR STABILIZATE SAU CONSOLIDATE CU COMPUŞI MACROMOLECULARI ŞI CONSIDERAŢII TEHNICO-ECONOMICE

Pe baza experimentărilor efectuate, domeniile de folosire în practică a pămînturilor stabilizate sînt cele mai largi posibile, după cum urmează:

— la execuţia straturilor din pămînturi stabilizate, la drumuri, căi ferate normale şi forestiere, aerodroame etc., în special în cazurile în care folosirea lianţilor minerali sau bituminoşi duce la obţinerea de rezultate nesatisfăcătoare (pămînturi cu aciditate mare; pămînturi supraumezite; nisipuri curgătoare, în condiţii în care în pămîntul stabilizat se pot infiltra substanţe chimice agresive pentru lianţi minerali etc.);

— în execuţia voalurilor sau ecranelor de etanşare de la decantoarele şi instalaţiile de neutralizare sau de tratare a apelor uzate, din industria chimică, petrolieră şi din alte industrii;

— în execuţia ecranelor de etanşare în construcţiile hidrotehnice, la diguri şi baraje de pămînt, canale, pentru transportul apei, în special în cazurile în care lianţii minerali folosiţi în prezent duc la obţinerea unor rezultate nesatisfăcătoare;

Scanned with OKEN Scanner

— pentru consolidarea și impermeabilizarea terenului de fundații în construcții hidrotehnice, ca și pentru consolidarea unor lucrări existente de diferite categorii, în cazul cedării terenului de fundații etc.

Ordinea de preferință din punct de vedere economic, privind folosirea compușilor macromoleculari în lucrări de stabilizare și consolidare a pămînturilor ar fi aproximativ următoarea: 1) compuși ureo-formaldehidici și compuși ureo-formaldehidici modificați cu procente reduse de melamină; 2) compuși fenol-formaldehidici; 3) compuși melamino-formaldehidici; 4) compuși acrilici etc.

BIBLIOGRAFIE

1. Cercasov, I. I. și Parfenov, A. P. În: Avtomobilnîie Doroghi, nr. 2, 1961, p. 18.
2. Davidson, D. T. The Iowa State Univ. Bulletin, Ames. Iowa, nr. 30, 1960, p. 1.
3. Enculescu, M. și alții. *Studii de Geotehnică, Fundații și Construcții Hidrotehnice*, **VIII**, București, I.S.C.H., 1964, p. 95.
4. Enculescu, M. și Ionescu, I. În: Materiale Plastice, nr. 4, 1964, p. 210.
5. Galb, J. E., Davidson, D. T. The Iowa State Univ. Bulletin, Ames-Iowa, nr. 30, 1960, p. 13.
6. Hoover, J. M., Davidson, D. T. The Iowa State Univ. Bulletin, Ames-Iowa, nr. 30, 1960, p. 31.
7. Iastubova, L. N. și Lucanina, M. T. În: Avtomobilnîie Doroghi. nr. 2, 1961, p. 16.
8. Ionescu, I. și Enculescu, M. *Întrebuințarea maselor plastice pentru impermeabilizarea și protecția anticorosivă a construcțiilor hidrotehnice*, București, I.S.C.H., 1964.
9. Ionescu, I. și alții. *Studii de Geotehnică, Fundații și Construcții Hidrotehnice*, **VIII**, București, I.S.C.H., 1964, p. 61.
10. Kulev, M. T. În: Osnovania Fundamentî i Mehanica Gruntov, nr. 6, 1961, p. 15.

Scanned with OKEN Scanner

11. Kuvaldin, V. I. şi Şuslova, T. N. În: Put i Putevoe Hozeasitvo, nr. 9, 1964, p. 24.
12. Medvedev, A. N. În: Na Stroikah Rossi, nr. 6, 1964, p. 14.
13. Michaelis, A. S. Bulletin Institute of Technology Massachusetts, 1961.
14. Ogilvie, J. C. şi alţii. The Iowa State Univ. Bulletin Ames Iowa, nr. 30, 1960, p. 277.
15. Rjaniţin A. B. şi Bleskina, A.N. În: Trudî NIIOSP--ASIA — S.S.S.R., nr. 39, 1961.
16. Roderik, G. L. şi alţii. *Progress Report Iowa State Univ. of Science and Technology*, Ames-Iowa, 1962.
17. Tager, A. Rev. Annalles de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, nr. 51, 1952.
18. Takuski, St. În: Drogownictwo, nr. 6. 1961, p. 146.

Scanned with OKEN Scanner

5

CAPITOLUL X

COMPORTAREA MATERIALELOR PE BAZĂ DE COMPUȘI MACROMOLECULARI LA DIVERSE SOLICITĂRI ÎN CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE ȘI LUCRĂRI SPECIALE

1. GENERALITĂȚI

Compușii macromoleculari utilizați în domeniul construcțiilor hidrotehnice sînt supuși acțiunii sarcinilor exterioare. Pentru o dispunere judicioasă a materialului în construcție, în funcție de solicitările care o acționează, este necesar să se cunoască combinațiile de sarcini cele mai dezavantajoase. Mediul în care va fi solicitat materialul pe bază de compuși macromoleculari interesează în mare măsură, știut fiind că umiditatea, insolația și alți factori contribuie în multe cazuri la diminuarea în timp a unor caracteristici fizico-mecanice. Proprietățile fizico-mecanice trebuie cunoscute în egală măsură, întrucît în funcție de aceste caracteristici se delimitează domeniul de aplicabilitate a materialelor realizate pe bază de compuși macromoleculari.

În tabela X.1 sînt prezentate principalele domenii de aplicare a compușilor macromoleculari în sectorul construcțiilor hidrotehnice și lucrări speciale, (v. cap. II—VII).

Stadiul actual al studiilor permite explicarea calitativă a comportării compușilor macromoleculari în exploatare. Totuși, pentru rezolvarea multor probleme practice, explicarea calitativă este insuficientă, impunîndu-se cunoașterea cantitativă a legilor de variație și dezvoltare a proprietăților fizico-mecanice.

În principiu, legea lui Hooke este inaplicabilă pentru că nu ia în considerație influența factorului timp. Încercările

Scanned with OKEN Scanner

Tabela X.1

Domeniile de aplicare a compușilor macromoleculari

Domeniul de aplicare	Elemente (zone) la care se aplică	Modul de aplicare	Caracteristici mecanice impuse	Solicitări exterioare
Protecții anticorosive	Suprafața construcției în contact cu mediul agresiv	Pelicule sau folii aplicate prin șprițuire, vopsire sau lipire	Rezistență la agresivitate chimică. Aderență bună la suport. Rezistențe mecanice constante în timp	Acțiunea distructivă a factorilor exteriori (chimici fizici și mecanici)
Etanșări superficiale	Suprafața construcțiilor în contact cu apa	Idem	Rezistențe mecanice constante. Aderență bună la suport	Acțiunea fizico-mecanică a factorilor exteriori (variații de temperatură, insolație, presiunea apei, acțiunea gheții etc.)
Uzură superficială	Drumuri, piste, aeroporturi	Pelicule aplicate prin șprițuire sau vopsire	Rezistențe mecanice constante. Rezistență la uzură Aderență perfectă la suport	Acțiunea mecanică a roților, factori climatici

Scanned with OKEN Scanner

Etanșări de rosturi	Rosturi de lucru Rosturi de dilatare și contracție Rosturi de tasare	Mortare și betoane Benzi profilate	Deformații comparabile cu deplasările construcției Rezistență la întindere	Deplasările construcției. Presiunea hidrostatică
Înnădiri	Armături în betonul armat	Mortare	Rezistență la întindere și forfecare	Cele care provoacă întinderi în armături
Îmbinări	Elemente din beton armat și beton precomprimat	Mortare și betoane	Aderență bună cu betonul și armătura. Rezistență ridicată la întindere și compresiune	Presiunea hidrostatică
Elemente de rezistență	Părți componente la stavile-segment, ancoraje pentru elemente precomprimate, cabluri etc.	Rășini sau mortare armate cu fibre de sticlă, piese metalice, țesături textile etc.	Aderență perfectă cu materialul de armare. Rezistență la acțiunea agenților fizici și chimici	Presiunea hidrostatică, forța de precomprimare, sarcini exterioare curente etc.
Reparații	Fisuri Degradări mecanice	Injecții Mortare și betoane	Aderență perfectă cu betonul. Rezistență la uzură	Presiunea hidrostatică. Variații de temperatură. Contracția betonului. Acțiunea gheților

Scanned with OKEN Scanner

arată că deformaţia creşte în timp sub acţiunea unui efort constant. Ruperea poate avea loc pentru eforturi unitare mai reduse decît rezistenţa materialului atunci cînd încărcarea este de lungă durată.

Dezvoltarea deformaţiilor în timp este un proces foarte complex, fiind influenţat de un mare număr de factori. Ca şi în beton, pe lîngă deformaţiile elastice, se dezvoltă şi deformaţii plastice remanente.

O îmbunătăţire sensibilă a proprietăţilor de rezistenţă se obţine prin utilizarea unor fibre sau ţesuturi pentru armarea masei de compuşi macromoleculari. Proprietăţile finale ale acestor materiale armate sînt funcţie de materialele constituente, fibre şi compuşi macromoleculari, precum şi de proporţia în care intră în realizarea ansamblului (v. şi cap. III).

O problemă specifică compuşilor macromoleculari este apariţia aşa-numitului fenomen de *îmbătrînire*.

Îmbătrînirea are ca efect reducerea deformaţiilor limită şi a rezistenţelor elementelor realizate pe bază de compuşi macromoleculari [1].

Îmbătrînirea are efecte negative asupra rezistenţei mult mai accentuate în perioadele cu umiditate ridicată (zăpadă, ploaie, lapoviţă etc.), decît în urma influenţei razelor infraroşii şi ultraviolete. Caracteristicile fizico-mecanice sînt influenţate, de asemenea, de aerul puternic ozonat, precum şi de sarcinile electrice ale picăturilor de ploaie. Rezultă de aici necesitatea, în anumite cazuri, a unei protecţii suplimentare cu o peliculă care să nu fie influenţată de factorii exteriori.

Această scurtă prezentare a unor proprietăţi fizico-mecanice ale compuşilor macromoleculari permite o mai bună interpretare a posibilităţilor de utilizare în sectorul construcţiilor hidrotehnice şi o delimitare a domeniilor de aplicare în funcţie de natura solicitărilor.

2. SOLICITAREA MATERIALELOR ÎN ROSTURILE CONSTRUCŢIILOR HIDROTEHNICE ŞI ALE LUCRĂRILOR SPECIALE

S-a arătat anterior modul de realizare a rosturilor în construcţiile hidrotehnice. Aici se va analiza modul de solicitare a materialelor în rosturile şi îmbinările construcţiilor hidrotehnice.

Scanned with OKEN Scanner

a. *Înnădirea armăturilor*

Datorită proprietăților lor remarcabile, compușii macromoleculari permit rezolvarea rosturilor care transmit eforturi de forfecare și întindere prin încleierea armăturilor de rezistență.

Se deosebesc trei sisteme de înnădire a armăturilor:

Lipirea, după suprafețele de contact, a unor plăci sudate pe capetele barelor care se înnădesc (fig. X.1) prezintă avantajul că permite o transmitere axială a efortului de întindere. Analizînd numai aspectele specifice impuse de prezența compusului macromolecular, îmbinarea trebuie să satisfacă obligatoriu două condiții:

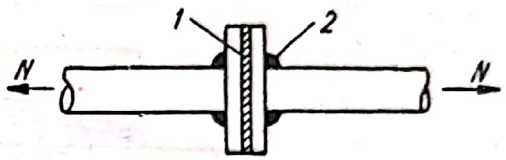


Fig. X.1 Îmbinarea barelor prin plăci metalice dispuse frontal: *1*—compus macromolecular; *2*—cordon continuu de sudură.

— grosimea plăcuței sudate în capul barei trebuie să asigure o rigiditate suficientă pentru a evita deformarea sa în plan și deci o stare neuniformă de eforturi în suprafața de contact;

— suprafața de contact A_k trebuie să fie suficientă pentru a permite transmiterea efortului de întindere N din bara armăturii de rezistență. Trebuie satisfăcută condiția:

$$N \leqslant A_k R_{ta} \qquad (X.1)$$

în care: R_{ta} este rezistența de calcul la aderență a compusului macromolecular pe suprafața de contact a plăcilor din rost.

Condiția de asigurare a unei rezistențe uniforme în lungul barei impune respectarea relației:

$$A_k R_{ta} = A_a R_a \qquad (X.2)$$

în care: A_a este secțiunea barei;

R_a — rezistența de calcul a oțelului.

Din relația (X.2) se obține:

$$A_k = \frac{R_a}{R_{ta}} A_a. \qquad (X.3)$$

Expresiile analitice de mai sus sînt prezentate în conformitate cu principiile metodei de calcul la stări limită. Aceeași

metodă va fi folosită în continuare în lucrare pentru alte relații de calcul.

Ancorarea capetelor barelor de rezistență prin intermediul unui compus macromolecular a căror deformare transversală este împiedicată de un manșon metalic, constînd dintr-un tronson de țeavă (fig. X.2), constituie o altă posibilitate de

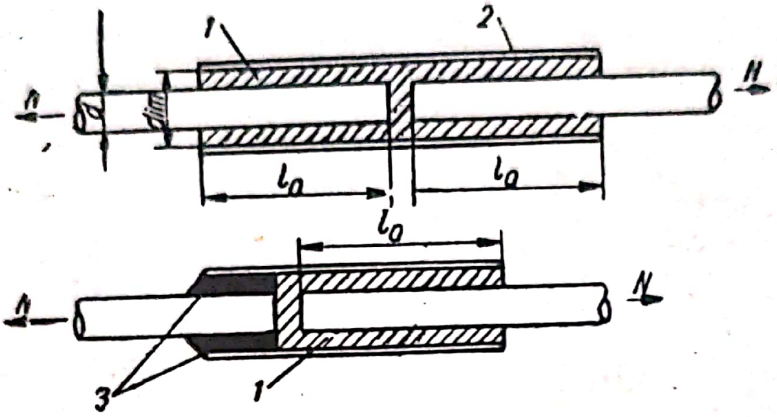


Fig. X.2. Îmbinarea barelor cu manșon:
1 — compus macromolecular; *2* — manșon; *3* — sudură continuă.

asigurare a continuității transmiterii efortului între două bare înnădite.

Acest tip de îmbinare asigură de asemenea scurgerea axială a eforturilor între cele două bare.

În cazul acestei îmbinări trebuie satisfăcute cîteva condiții.

Condiția de rezistență se pune sub două aspecte, după cum se ia sau nu în considerație influența compusului macromolecular din rost.

În ipoteza că se consideră aportul compusului macromolecular:

$$A_a R_a = A_f R_{af} + A_r R_t \qquad (X.4)$$

în care:

A_f este secțiunea transversală a țevii;
R_{af} — rezistența de calcul a țevii;
A_r — secțiunea transversală a compusului macromolecular;
R_t — rezistența de calcul la întindere a compusului macromolecular.

Dacă se neglijează aportul polimerului, relația (X.4) ia forma:

$$A_a R_a = A_f R_{af} \tag{X.5}$$

din care:

$$A_f = \frac{R_a}{R_{af}} A_a. \tag{X.6}$$

Lungimea minimă a manșonului se determină în funcție de lungimea de ancoraj a barelor. Pornind de la condiția că în momentul lunecării bara trebuie să atingă limita de curgere se poate scrie relația:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_a \leqslant \pi d l_a R_{ta} \tag{X.7}$$

de unde se deduce:

$$l_a \geqslant \frac{R_a}{R_{ta}} \frac{d}{4} \tag{X.8}$$

în care:

l este lungimea de ancoraj;

R_{ta} — rezistența de calcul la aderență a compusului macromolecular;

d — diametrul barei.

Ultima variantă de înnădire a barelor de rezistență reprezintă în esență varianta a doua cu diferențieri de ordin tehnologic. Îmbinarea barelor se face în locașuri special amenajate în elementul de beton sau de beton armat. În cazul acesta, betonul înconjurător are rolul fretei (fig. X.3).

Transmiterea efortului se realizează și în acest caz prin intermediul aderenței care se dezvoltă

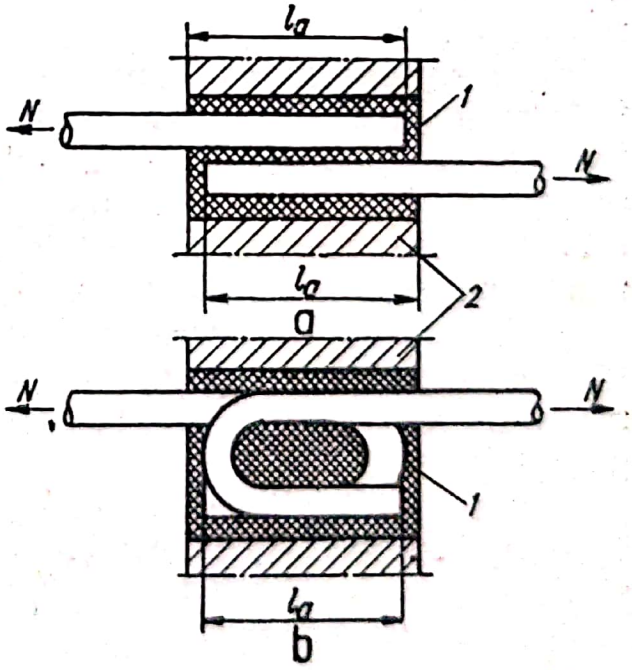


Fig. X.3. Îmbinarea barelor prin petrecere prin fante în beton:
1 — compus macromolecular; 2 — beton.

între compusul macromolecular și armătura de rezistență. Analiza tipurilor practice utilizabile arată că în cazul acesta transmiterea eforturilor între barele care se înnădesc nu se mai face axial. În zona considerată apare o solicitare defavorabilă a betonului și armăturii datorită momentului creat de excentricitatea de transmitere a eforturilor.

Tipurile de îmbinări analizate, realizate și încercate în principal cu compuși macromoleculari care polimerizează la rece, au scos în evidență unele aspecte caracteristice de comportare.

Îmbinarea cap la cap, la o execuție corectă și atentă, permite obținerea unor rezultate scontate. Metoda se aplică la elemente întinse centric (tiranți etc.), sau încovoiate, de dimensiuni mari (construcții hidrotehnice).

Îmbinarea cu manșon asigură transmiterea axială a efortului de întindere. Încercările au arătat că rezistența îmbinării și lungimea de ancorare nu depind practic de diametrul manșonului și reprezintă, în funcție de rezistența de calcul a barei, în medie, 3,5—5,0 *d*. Ruperea are loc în cazul acesta prin cedarea compusului macromolecular, armătura atingînd simultan sau în prealabil rezistența de calcul.

Cînd lungimea de ancoraj depășește 7,5 *d*, ruperea se produce totdeauna prin intrarea în curgere a armăturii de rezistență.

Se menționează că diametrul interior al manșonului nu trebuie să depășească cu mai mult de 5—8 mm diametrul armăturii întrucît, în cazul acesta, influența fretării începe să se reducă treptat. Pe de altă parte apar dificultăți în ceea ce privește dispunerea armăturii în secțiune, în special la elemente cu procente ridicate de armare.

Sistemul de îmbinare se aplică în special elementelor întinse centric. La construcții masive se aplică și elementelor solicitate la încovoiere sau la compresiune excentrică cu mare excentricitate.

Rezistența îmbinării cu manșon este funcție directă de compoziția polimerului utilizat, și în primul rînd, de natura și cantitatea materialului de umplutură.

Explicația constă în faptul că lunecarea armăturii cu neregularități pe suprafața laterală duce la dezvoltarea unor deformații și eforturi unitare transversale și, ca urmare, la apariția unor fisuri longitudinale. Deci cu cît rezistența la

Scanned with OKEN Scanner

întindere a compusului macromolecular va fi mai mare, cu atît îmbinarea cu manșonul va avea o rezistență mai mare.

S-a observat că umplutura din nisip cuarțos este cea mai indicată, rezistența îmbinării crescînd cu creșterea procentului de nisip cu granule medii. Pentru compuși epoxidici, un amestec în greutate de 30% compus epoxidic și 70% nisip cuarțos duce la rezultate bune atît în ce privește rezistența cît și aspectul economic.

Încercările de curgere lentă au arătat că la îmbinarea cu manșon aceste deformații sînt reduse, practic neglijabile, și că se amortizează în medie după circa doi ani.

În cazul îmbinărilor cu manșon și al îmbinărilor cap la cap se recomandă utilizarea unor compuși macromoleculari cu deformații de contracție practic nule. Dezvoltarea unor deformații mari din contracție ar avea ca efect apariția unor eforturi interioare tangențiale și radiale importante care ar reduce rezistența îmbinării.

Pentru îmbinările desaxate în fante, în piesele de beton armat, concluziile privind lungimea de ancoraj și compoziția compusului macromolecular sînt similare cu cele expuse la îmbinarea cu manșon.

b. *Îmbinări de elemente de beton armat*

În realizarea acestor îmbinări la construcțiile hidrotehnice se impune atît asigurarea transmiterii efortului de întindere sau de compresiune cît și satisfacerea tuturor condițiilor impuse unei lucrări hidrotehnice (impermeabilitate, durabilitate, rezistență la îngheț-dezgheț etc.).

Îmbinări solicitate la compresiune. În cazul compresiunii îmbinările nu sînt străbătute în general de armături. Prezența armăturilor are ca efect o creștere a capacității de rezistență a rostului, cunoscînd că:

$$N = A_b R_{pr} + A_a R_a. \qquad (X.9)$$

În continuare se va analiza comportarea rosturilor nearmate.

Încercările efectuate asupra betoanelor de un mare număr de cercetători (O. Graf, A. Gvozdev, O. Berg, B. Skramtaev etc.) asupra betoanelor cu lianți minerali au permis elaborarea unei teorii unitare asupra fenomenului de rupere a betonului.

Scanned with OKEN Scanner

Ruperea betonului comprimat se produce în urma dezvoltării microfisurilor verticale și reunirii lor în fisuri macroscopice.

Încercările efectuate pe betoane cu liant din compuși macromoleculari au scos în evidență că modulul de elasticitate este mai redus decît la betoanele cu lianți hidraulici. Pe de altă parte, însă, rezistențele și deformațiile specifice limită la întindere ale betoanelor cu polimeri sînt mai mari.

Caracteristicile de deformație și rezistență la întindere și compresiune fiind superioare pentru betoanele cu polimeri rezultă că, în toate cazurile, în stadiul limită de rezistență ruperea se va produce prin betonul cu liant hidraulic, aspectul în zona ruperii fiind caracteristic ca pentru elementele din beton sau din beton armat solicitate la compresiune. Prezența rostului umplut cu beton cu liant din compuși macromoleculari se manifestă numai prin împiedicarea despicării verticale a elementului.

Dacă se analizează modul de deformare în zona rostului (fig. X.4,*a*) se remarcă o dezvoltare mult mai accentuată a deformațiilor în mortarul cu compuși macromoleculari din

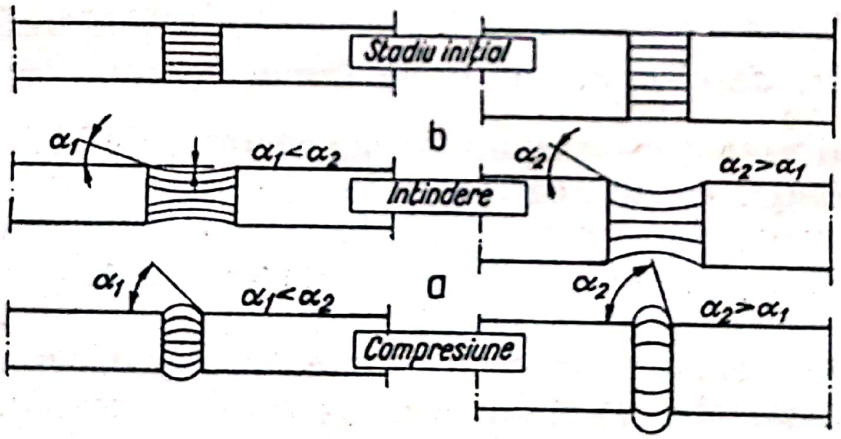


Fig. X.4. Rosturi, umplute cu mortar pe bază de compuși macromoleculari, solicitate la compresiune (*a*) și întindere (*b*).

rost. Din cauza deformării transversale diferențiate a celor două betoane în rost pe interfața de contact a betoanelor, hidraulic și cu polimeri, apar eforturi tangențiale care marchează, pe de o parte, tendința betonului cu polimeri de a antrena în deformarea transversală betonul cu liant hidraulic iar, pe de altă parte, tendința betonului cu liant hidraulic

de a împiedica deformarea transversală accentuată a betonului cu polimeri.

Starea de deformații descrisă pentru rost se modifică dacă mortarul cu polimeri are contracții pronunțate.

Îmbinări solicitate la întindere. Prezența unui efort de întindere, axială sau excentrică, implică în mod necesar dispunerea unei armături de rezistență în zona de îmbinare a elementelor.

În starea limită de rezistență se consideră că în betonul din rost s-au format fisuri, iar efortul de întindere este preluat numai de armătură. Pentru un element solicitat la întindere centrică este evident că $A_a = \frac{N}{R_a}$.

În același timp trebuie verificată lungimea de ancoraj a armăturilor în zona rostului cu relația:

$$l_a \geqslant \frac{d}{4} \frac{R_a}{\tau_a} \qquad (X.10)$$

în care: τ_a este efortul mediu unitar de aderență.

Starea limită de fisurare, pentru un element întins centric se verifică cu relația:

$$N \leqslant A_b R_t \left(1 + \mu \frac{\bar{\varepsilon}_t}{R_t} E_a\right). \qquad (X.11)$$

Rezistența la întindere mult mai ridicată a betonului cu polimeri face ca fisura să nu apară în rost. Din acest considerent, această verificare nu este obligatorie în cazul îmbinărilor pentru elementele de beton armat. Trebuie însă dată o atenție deosebită asigurării aderenței perfecte cu fața din rost a elementului prefabricat.

Betoanele cu compuși macromoleculari au deformații specifice limită la întindere ($\bar{\varepsilon}_t$) mult mai mari decît la betonul obișnuit. Din acest considerent, ruperea prin întindere a betonului din rost nu va avea un caracter casant, ci după o zonă de curgere a materialului suficient de pronunțată în care s-au dezvoltat deformații remanente importante.

Analizînd modul de deformare al unui rost solicitat la întindere se observă (fig.X.4, *b*) o diferențiere în funcție de grosimea rostului. Eforturile de lunecare care apar la interfața de contact sînt cu atît mai mari cu cît strangularea este mai pronunțată, deci cu cît grosimea rostului este mai mare.

c. *Rosturi în construcții hidrotehnice*

Rolul rosturilor în construcții hidrotehnice a fost tratat mai amănunțit în cap. IV.

În continuare se tratează solicitarea benzilor de etanșare în rosturi.

Rosturi de contracție și dilatare. Pentru impermeabilizarea rosturilor s-au aplicat, cu mai mult sau mai puțin succes, diferite materiale dintre care se menționează bitumurile și masticurile, foliile metalice (cuprul și aliajele sale și mai puțin oțelurile inoxidabile sau zincate), cimentul, lemnul etc.

Practica de exploatare a arătat că nu se poate conta pe eficiența de etanșare a unui singur material. Din acest considerent se adoptă soluții care constau în utilizarea simultană a 2—3 materiale.

Dezavantajele pe care le prezintă execuția în sistemele clasice au obligat pe tehnicieni să caute noi posibilități și materiale pentru etanșarea rosturilor. În ultimele două decenii au fost studiate și au început să se impună sistemele de etanșare din materiale plastice și cauciuc.

Etanșarea rosturilor în acest caz se face cu benzi de o anumită lățime care au, funcție de solicitările și deformațiile pe care le preiau, diferite profiluri și grosimi.

Practica de exploatare de pînă acum a profilurilor din materiale plastice a arătat că acestea asigură, în condiții foarte bune, etanșarea rostului. Nu s-a observat, în special pentru PVC, modificarea în timp a proprietăților de deformație și a rezistențelor. De asemenea au rezistat bine la acțiunea agenților exteriori.

Există însă o serie de substanțe care atacă materialele plastice din care se confecționează benzile de etanșare. Pentru a preîntîmpina contactul direct continuu este recomandabil ca rostul să fie închis suplimentar, în special spre fața care este în contact permanent cu apa.

Materialele plastice pot prelua deformații mult mai mari decît benzile metalice, deformațiile specifice limită atingînd 200—300%.

Caracteristicile de rezistență și deformație elastică ale benzii menținîndu-se practic constante pentru temperaturi variind între —30 și +60°C rezultă că proprietățile lor sînt

utilizate integral în condiţiile normale de exploatare a construcţiilor hidrotehnice.

Încercările efectuate în Elveţia, Germania şi Italia au arătat că profilurile din materiale pe bază de compuşi macromoleculari pot prelua eforturile rezultate din presiuni hidrostatice în condiţii mai bune decît materialele utilizate pînă acum. Presiunile curente de 5—10 at pot fi preluate fără deformaţii sau dezagremente în privinţa infiltraţiei.

La deplasări reduse şi presiuni hidrostatice mici se utilizează benzi mai subţiri cu lăţime redusă. Zona centrală mai întărită (fig. X.5) permite preluarea sigură a deformaţiilor longitudinale care apar în rost.

Profilul liniar se poate utiliza în cazul radierelor la rezervoare, decantoare etc., la partea inferioară în cazul pereţilor verticali pentru formarea articulaţiei la racordul cu radierul precum şi la rosturi în pereţi verticali.

În cazul radierelor profilul poate fi solicitat la întindere din cauza deformaţiilor care apar din contracţia betonului sau din cauza variaţiilor de temperatură (cînd recipientul nu este plin cu apă). Atunci cînd există posibilitatea deplasării pe verticală a celor două panouri adiacente în rost profilul de etanşare va fi solicitat şi la forfecare. Cum această solicitare este mai defavorabilă întrucît este greu de controlat, ca valoare, se iau măsuri pentru a împiedica deplasarea inegală a panourilor adiacente prin dispunerea unei renuri de beton sub zona rostului (fig. X.5).

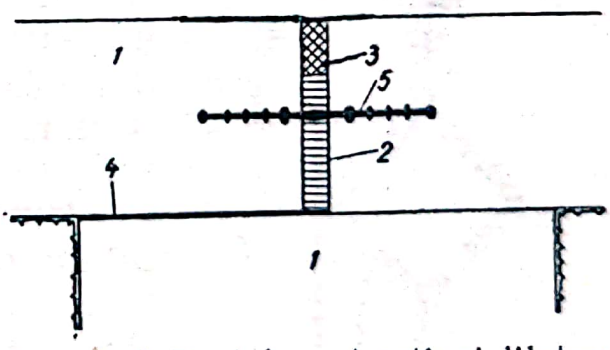


Fig. X.5. Rost de contracţie şi dilatare:
1 — beton; *2* — rost cu mortar; *3* — mastic Soral; *4* — strat subţire de bitum; *5* — bandă de etanşare a rostului.

La deplasări mai mari, cînd distanţa dintre rosturi este mai mare, se utilizează benzi care au zona centrală tubulară (circulară, ovală sau rombică). Aripile profilului permit o înglobare perfectă în beton. Prezenţa proeminenţelor în lungul acestor aripi permite o mai bună ancorare în beton, în special pentru cazurile în care profilul este puternic solicitat la întindere şi deci se produce o diminuare a grosimii benzii, ceea ce ar putea duce la smulgerea benzii din beton.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a împiedica acest aspect se pot adopta măsuri constructive adecvate:

— realizarea benzii profilate cu aripi avînd fețele acoperite suplimentar cu un material plastic spongios care este pătruns de laptele de ciment la turnarea betonului, ceea ce asigură o conlucrare monolită ansamblului profil-beton, sau

— crearea unei suprafețe foarte rugoase pentru profil, ceea ce, de asemenea, asigură conlucrarea intimă a celor două materiale.

Rosturile de dilatare și contracție pot fi realizate utilizînd folii din material plastic. În cazul acesta se complică modul de realizare a sistemului de etanșare, În cazul unor asemenea rezolvări se recomandă sticloplastul, care reprezintă în esență o folie din material plastic (PVC) armată cu fibre de sticlă.

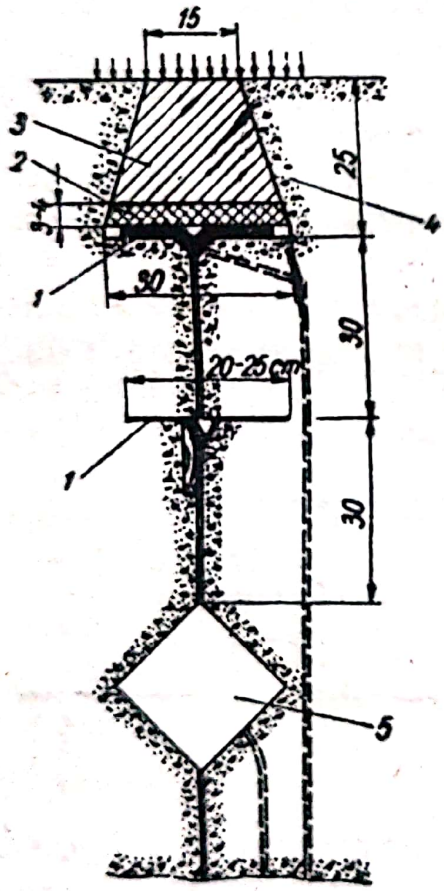


Fig. X.6. Rost de contracție și dilatare cu folie din sticloplast;

1 — profil din sticloplast; *2* — scîndură de asfalt; *3* — sîmbure de beton; *4* — strat subțire de bitum; *5* — puț colector.

Pentru rezolvarea rosturilor de etanșare cu sticloplast, în VNIIG din Leningrad [2] au fost încercate două tipuri de etanșare a rostului cu sticloplast și cauciuc, în fig. X.6 fiind indicat rostul cu sticloplast.

Profilurile din sticloplast sau din cauciuc se dispun într-un șanț special prevăzut și se lipesc de suprafața betonului.

Peste profilul din cauciuc sau din sticloplast se așază un dulap din asfalt și restul golului șanțului se umple cu mortar de ciment care însă nu face corp comun cu betonul construcției, datorită stratului de bitum interpus la cald.

La o distanță de 30—40 cm în spate se dispune un al doilea profil din sticloplast sau din cauciuc și mai departe, la aceeași distanță, un puț colector.

Rosturi de tasare. Lățimea rostului de tasare se dimensionează în funcție de tasările care sînt de așteptat în exploatare, precum și

de deformația limită la forfecare a profilului din material plastic.

Rezistența mecanică a profilului de etanșare se alege în funcție de solicitările la întindere care apar. Deformația limită a materialului trebuie să asigure tasarea construcției.

Ca și în cazul rosturilor de dilatare trebuie dată o atenție deosebită înglobării (ancorării) aripilor profilului în rost. În acest sens trebuie respectate următoarele condiții constructive:

— cînd grosimea peretelui de beton este mai mică decît dublul lățimii profilului se va asigura o compactitate și impermeabilitate perfectă betonului din zona de înglobare;

— profilul de impermeabilizare va fi amplasat în axa sau în imediata apropiere a axei construcției;

— aderența benzii cu betonul trebuie să fie perfectă;

— este indicat ca banda din material plastic să fie protejată cu un dop de beton sau de mastic bituminos contra acțiunii permanente a apei și razelor solare;

— în zonele de sudare a benzilor trebuie să se asigure aceeași capacitate de rezistență și deformare ca și în secțiunile curente.

Încercările efectuate au arătat că profilul cel mai indicat de bandă, în acest caz, este cel în formă de liră (fig. X.7). Partea centrală mai îngroșată permite preluarea eforturilor din presiunea hidrostatică, iar aripile dezvoltate și bine înglobate în beton asigură etanșeitatea structurii.

Preluarea în bune condiții a deformațiilor din forfecare implică păstrarea spațiului gol interior lirei. Pentru a realiza totuși în condiții sigure deformarea lirei, golul interior al acesteia se umple cu material plastic expandat (fig. X.8). Fîșiile expandate se vopsesc cu o peliculă din material plastic pentru a evita pătrunderea mortarului de ciment.

Diafragmele din beton sau din beton armat constituie o variantă de aplicare a compușilor macromoleculari în construcții hidrotehnice.

Deformațiile orizontale ale corpului barajului sub acțiunea presiunii hidrostatice duc la formarea fisurilor în beton. fisuri care permit nu numai mustirea apei, ci — uneori, în timp — scurgerea unor debite importante, fapt care generează fenomene neplăcute pentru stabilitate, în special în cazul barajelor de pămînt.

Scanned with OKEN Scanner

Tasarea barajelor, în special în ipoteza unor terenuri în fundație diferențiate în lungul axului barajului în ceea ce privește capacitatea de tasare, are ca efect solicitarea acestei

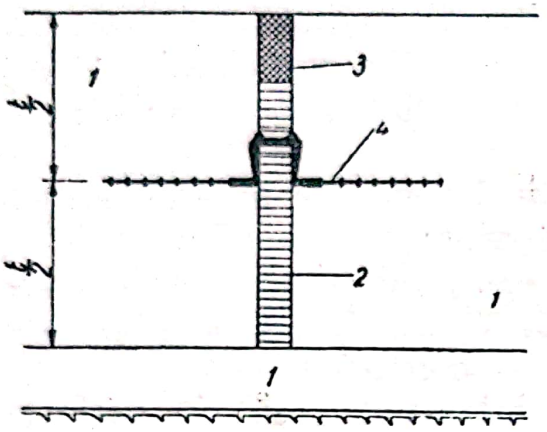


Fig. X.7. Rost de tasare;
1 — beton; *2* — rost cu mortar; *3* — mastic Soral; *4* — bandă de etanșare a rostului.

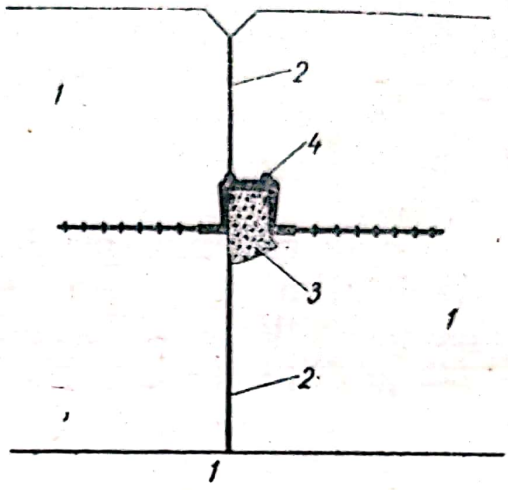


Fig. X.8. Rost de tasare cu golul lirei protejat:
1 — beton; *2* — strat subțire de bitum sau de carton; *3* — cauciuc expandat; *4* — bandă de etanșare a rostului.

diafragme ca o grindă-perete rezemată pe un mediu elastic sau rigid (funcție de sistemul constructiv aplicat pentru impermeabilizarea fundației barajului).

Soluția cea mai indicată pentru a elimina fisurarea diafragmelor ca urmare a deformațiilor orizontale constă în împărțirea diafragmei în panouri prin rosturi verticale și orizontale (fig. X.9), etanșate cu profiluri din cauciuc sau

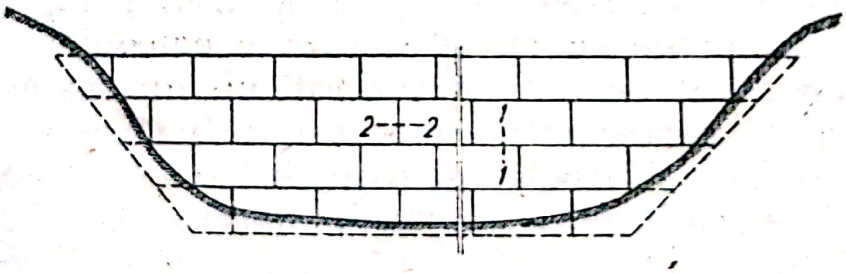


Fig. X.9. Diafragmă de beton cu rosturi orizontale și verticale.

din materiale plastice (fig. X.10). Rosturile, modul lor de distribuție, precum și capacitatea de deformare a materialului din rost permit mularea diafragmei după deplasarea materialului din corpul barajului.

Dacă în rosturile verticale, în afara profilului se recomandă închiderea rostului cu dulapi din bitum montaţi la turnarea betonului (fig. X.10), la rosturile orizontale se impune dis-

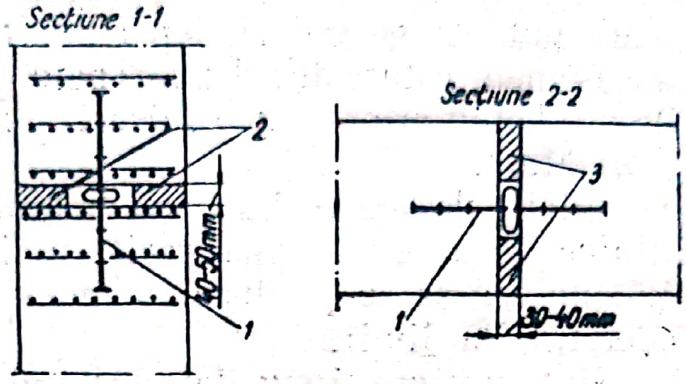


Fig. X.10. Secţiuni prin rost orizontal (*1—1*) şi vertical (*2—2*) la diafragme;
1 — bandă de etanşare a rostului; *2* — benzi de cauciuc; *3* — dulapi de asfalt.

punerea unor benzi longitudinale din cauciuc (de circa 40 mm grosime şi lăţime adecvată), pentru a permite transmiterea între panouri a sarcinilor verticale din greutate proprie şi din frecarea materialului pe feţele diafragmei. Aceste benzi din cauciuc pot fi înlocuite cu benzi-sandviş formate din material plastic sau din cauciuc şi armate cu plase din materiale inoxidabile.

Pentru a împiedica contactul permanent al apei cu betonul din diafragmă şi în special pentru a reduce infiltraţia prin beton (provocată de o execuţie necorespunzătoare sau o fisurare provocată de tensiuni interne), se recomandă ca feţele diafragmei să fie protejate cu o peliculă din material plastic. Pentru a împiedica distrugerea sa, în special în cazul barajelor de anrocamente sau de piatră, se impune dispunerea unui strat adiacent dintr-un material mai fin care să nu perforeze pelicula de protecţie şi impermeabilizare.

3. SOLICITAREA PROTECŢIILOR CONSTRUCŢIILOR HIDROTEHNICE ŞI A ALTOR LUCRĂRI

La construcţii exploatate în medii puternic agresive sau la cele care înmagazinează lichide se pune problema asigurării în primul rînd a impermeabilităţii betonului. Peliculele sau foliile din compuşi macromoleculari permit realizarea în condiţii bune a acestei probleme.

Folosirea peliculelor întîmpină unele dificultăți generate de comportarea stratului-suport.

Betonul, în special în construcțiile masive hidrotehnice, este solicitat de eforturi interioare din contracție și temperatură, eforturi care pot atinge valori depășind rezistența de la întindere. La o asemenea stare de solicitări betonul fisurează.

Construcțiile din beton armat capătă fisuri în zona întinsă în stadiul de exploatare.

Datorită aderenței sale foarte bune cu betonul, pelicula nu are posibilitatea de a se deforma decît în limitele deschiderii fisurii. Ruperea sa se produce în momentul cînd a fost depășită deformația limită.

În tabela X.2 sînt cuprinse cîteva date privind capacitatea de preluare a deformațiilor în funcție de deschiderea fisurii, date obținute experimental.

Tabela X.2

Capacitatea de preluare a deformațiilor în funcție de deschiderea fisurii

Denumirea compusului macromolecular din peliculă	Numărul de straturi	Deschiderea admisibilă a fisurii mm	Deschiderea fisurii la ruperea peliculei
Email de perclorvinil	3	0,010	0,01
Rășină epoxidică (ED-6)	3	0,010	0,02
Emulsie de bitum	2	0,010	0,02
Rășină epoxidică (ED-5)	3	0,010	0,03
Latex	3	0,025	0,04
Email tixotrop de alchidal	2	0,020	0,05
Rășină epoxidică (EDF-3)	3	0,040	0,08
Email epoxidic (OEP-4173)	2	0,042	0,13
Email din copolimer de clorură de vinil cu clorvinil (HS-710)	3	0,040	0,15
Email din poliacetat de vinil (PVA)	2	0,050	0,16
Polietilenă clorsulfonată (HSPE)	3	0,065	0,23
Email-cauciuc (2-15-62)	2	0,050	0,36
Tiocol T-50	3	0,030	0,46

Capacitatea de deformare a peliculei poate fi îmbunătățită prin introducerea fibrelor de sticlă în așa fel încît chiar la o deschidere de cîțiva milimetri a fisurii, pelicula armată să nu se rupă. Faptul că pelicula armată are o rezistență la întindere cu mult superioară peliculei nearmate, depășind de asemenea și aderența acesteia cu stratul-suport, face ca în zona fisurii să se producă o desprindere a peliculei de pe

Scanned with OKEN Scanner

suport pe o lungime dictată de deschiderea fisurii, și de capacitatea de rezistență și deformare a peliculei armate (fig. X.11) Este așa-numita zonă cu peliculă flotantă de lungime l_f.

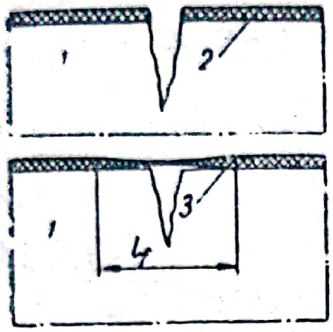


Fig. X.11. Solicitarea și ruperea peliculei aderente la stratul-suport (beton):
1 — beton; *2* — peliculă nearmată; *3* — peliculă armată.

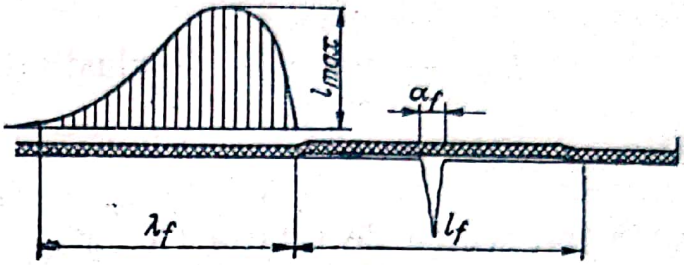


Fig. X.12. Starea de eforturi și deformații în zona fisurii acoperită cu peliculă armată.

Exprimînd analitic fenomenul se observă că, pentru a evita ruperea peliculei, este necesară respectarea condițiilor:

$$\sigma_f \leqslant R_t \qquad (X.12)$$
$$\tau_{max} \leqslant R_t$$

în care: σ_f este efortul unitar de întindere în peliculă;
R_t — rezistență de calcul la întindere a peliculei.

Pentru o peliculă de lățime unitară ($A_f = \delta.1$), condiția de preluare pe lungimea de peliculă flotantă l_f a deformației generate de deschiderea fisurii α_f este:

$$\frac{\alpha_f}{l_f} E_p \leqslant R_t \qquad (X.12')$$

din care:

$$l_f \geqslant \alpha_f \frac{E_p}{R_t}. \qquad (X.12'')$$

Trebuie însă ținut seamă și de aderența peliculei la stratul suport (fig. X.12).

În acest sens, condiția de rezistență poate fi exprimată sub forma:

$$N = \delta R_t$$
$$N = \tau_{max}\, \omega \lambda_f, \qquad (X.13)$$

în care: τ_{max} este efortul unitar maxim de aderență între peliculă și stratul-suport;

ω — coeficientul de umplere a diagramei eforturilor τ_{max};

λ_f — lungimea de aderență, pe care se dezvoltă eforturi;

E_p — modulul de elasticitate al materialului peliculei.

Din condiția:

$$\delta R_t = \tau_{max}\, \omega \lambda_f \qquad (X.14)$$

și ținînd seamă de relația (X.12′), se poate scrie:

$$\delta \frac{\alpha_f}{l_f} E_p = \tau_{max}\, \omega \lambda_f \qquad (X.15)$$

din care se deduce:

$$l_f = \delta \frac{\alpha_f}{\lambda_f} \frac{E_p}{\tau_{max}\, \omega}. \qquad (X.16)$$

Se menționează că pelicula armată cu fibre de sticlă poate etanșa perfect și zona rosturilor de contracție și dilatare. Întrucît în acest caz deplasările construcției sînt sensibil mai mari decît în cazul precedent, se impune nu numai o împiedicare a aderenței peliculei cu suprafața de beton prin intermediul unei folii din material plastic, ci și crearea unei forme speciale în construcție în zona rostului (fig. X.13).

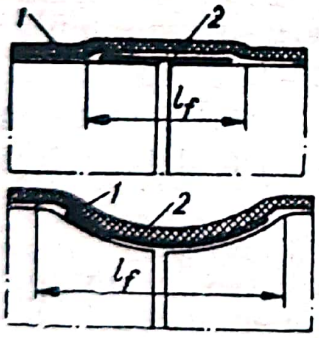


Fig. X.13. Rost de contracție cu peliculă flotantă prin intermediul unei folii:
1 — peliculă armată;
2 — folie.

Natura suprafeței care se protejează (stratul-suport) interesează în special pentru primul strat, întrucît acesta asigură conlucrarea monolită a ansamblului peliculă-strat-suport. În acest sens, primul strat trebuie să satisfacă, în afară de aderența perfectă cu stratul-suport, unele condiții indispensabile, dintre care se menționează legătura intimă cu celelalte straturi ale peliculei și rezistența perfectă la acțiunea corosivă a mediului înconjurător. În acest ultim scop se utilizează miniu de plumb, cromat de zinc sau oxid de zinc. Acești pigmenți pot fi evitați numai în cazul cînd pelicula este perfect impermeabilă.

Scanned with OKEN Scanner

În principiu, alegerea sistemului de acoperire, numărul de straturi, grosimea minimă a peliculei sînt funcție de condițiile în care va fi exploatată construcția, precum și de solicitările pe care trebuie să le preia. Experiența practică și cunoașterea proprietăților fizico-mecanice ale materialului peliculei permit alegerea soluției optime de protecție.

În afară de solicitările mecanice din pelicule provocate de apariția fisurilor, practica de exploatare și încercările de laborator au arătat că între stratul-suport și peliculă apar eforturi tangențiale.

Natura acestor eforturi tangențiale este diferită.

La suprafețele care sînt supuse la variații mari de temperatură, eforturile tangențiale care apar depind de natura materialului protejat (stratul-suport), de modulul de elasticitate și de coeficientul de dilatație liniară al peliculei etc.

Încercările au arătat că coeficientul de dilatație liniară al compușilor epoxidici ($\alpha_{tp} = 3 \cdot 10^{-5}$) este sensibil mai mare decît al betonului ($\alpha_{ts} = 1 \cdot 10^{-5}$).

Eforturile care iau naștere în peliculă pot fi determinate cu relația:

$$\sigma = \Delta t(\alpha_{tp} - \alpha_{ts})\, E_p, \qquad \text{(X.17)}$$

în care E_p este modulul de elasticitate;

α_{tp} — coeficientul de dilatație liniară al compusului macromolecular;

α_{ts} — coeficientul de dilatație liniară al stratului-suport;

Δt — variația de temperatură.

Pentru condiții obișnuite de exploatare a unei pelicule pe strat-suport de beton ($\Delta t = 30°C$ și $E_p = 10 \cdot 10^4$ kgf/m²) se obține:

$$\sigma_p = 30 \times 2 \times 10^{-5} \times 10^5 = 60 \text{ kgf/cm}^2.$$

În relația (X.17) se va ține seamă că modulul de elasticitate E_p variază în funcție de temperatura mediului exterior.

Nu mai puțin importante însă pentru buna exploatare a peliculei de protecție sînt și eforturile care apar în perioada de polimerizare, în urma dezvoltării deformației din contracția compușilor macromoleculari.

Pentru elucidarea teoretică și practică a acestei probleme s-au efectuat studii de laborator [3] în scopul determinării

influenței condițiilor de realizare a rosturilor și peliculelor asupra stării de eforturi interioare, rezistenței și aderenței dintre stratul-suport și materialul pe bază de compuși macromoleculari.

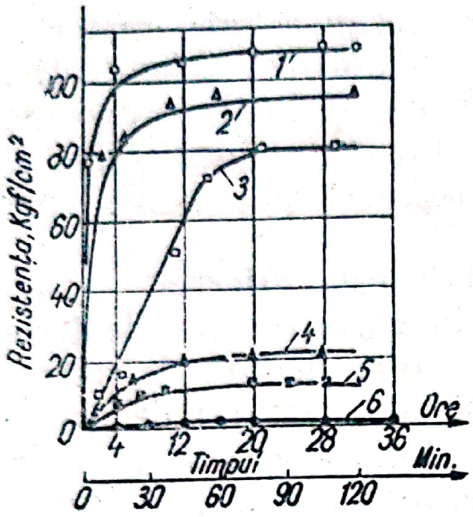


Fig. X.14. Eforturi interioare în rosturi (*1—3*) și pelicule (*4—6*).

În acest sens s-au folosit compuși poliesterici, epoxidici și fenol-epoxidici.

Compușii epoxidici și polieterici au polimerizat la o temperatură de 80°C, iar cei fenol-epoxidici la 140°C.

Presiunea de realizare a rostului (lipirii) a variat între 0,5 și 3,0 kgf/cm².

În fig. X.14 se arată diagramele caracteristice de dezvoltare a eforturilor interioare în rosturi *1—3* și în pelicula *4—6*. Din analiza acestor curbe rezultă că eforturile interioare cele mai reduse apar în pelicule și mult mai mari în rosturile de îmbinare. Este interesant de remarcat că pentru compușii polieterici și epoxidici (scara superioară din fig. X.14), eforturile se dezvoltă pe o perioadă de la 6 s pînă la 20 h, variind în funcție de natura compusului macromolecular. Pentru compușii fenol-epoxidici (scara inferioară), valoarea maximă a acestor deformații se obține după circa 60 min.

Faptul că eforturile interioare se dezvoltă intens într-o perioadă relativ foarte scurtă este favorabil stării de eforturi interioare. Lucrul este explicabil întrucît rășinile capătă rezistențe reprezentînd după 24 h numai 20—25% din rezistența finală. Ca urmare se dezvoltă eforturi interioare care sînt foarte apropiate sau chiar depășesc rezistența betonului (mortarului) cu compuși macromoleculari în momentul considerat. Ruperea nu se produce întrucît aceste materiale au o mare capacitate de deformare. În schimb are loc o relaxare pronunțată a eforturilor unitare interioare.

Dacă se analizează datele din fig. X.15 se observă creșterea pronunțată a eforturilor interioare în prima perioadă pentru rosturi realizate cu compuși fenol-epoxidici între suprafețe de sticlă-aluminiu *1*, sticlă-sticlă *2* și suport-peliculă super-

ficială *3*, și apoi reducerea lor accentuată ca urmare a relaxării eforturilor provocate de dezvoltarea intensă a deformațiilor de curgere lentă în compusul macromolecular incomplet polimerizat.

Tot aici se remarcă faptul că valoarea eforturilor unitare interioare este funcție de natura suprafețelor și materialelor care vin în contact în rost sau pe care se aplică pelicula. Este evident că cu cît modulul de elasticitate al materialului-suport și aderența suprafeței sale cu compușii macromoleculari sînt mai ridicate cu atît și eforturile interioare vor fi mai pronunțate.

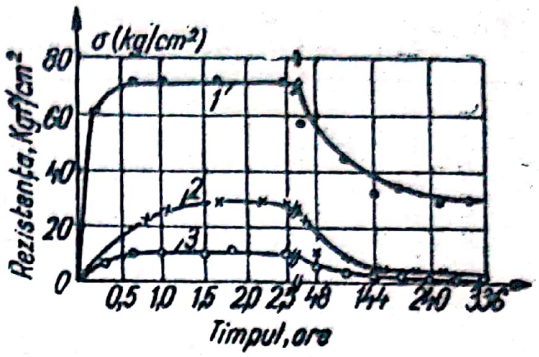


Fig. X.15. Eforturi interioare în rosturi pentru diferite materiale: *1* — sticlă-aluminiu; *2* — sticlă-sticlă; *3* — suport-peliculă superficială.

Încercările au arătat, de asemenea, că creșterea grosimii rostului are ca efect reducerea rezistenței ca urmare a creșterii pronunțate a eforturilor unitare interioare parazitare.

Compușii macromoleculari rezolvă una dintre problemele importante ale impermeabilizării barajelor din materiale locale (pămînt, anrocamente, piatră etc.).

Într-una din variante membrana impermeabilă se așază pe un strat de argilă și este protejată amonte de un strat de argilă, filtru invers și piatră.

Este evident că solicitarea membranei este favorabilă. Singurele eforturi în membrană pot să apară numai din deplasări diferențiate pe orizontală și tasări verticale. La o asemenea stare de solicitări, o membrană de 0,5—1,0 mm poate asigura în condiții perfecte etanșeitatea corpului barajului.

Încercările efectuate arată că nisipurile cu granulozitate medie nu afectează o membrană de 0,1—0,2 mm supusă timp îndelungat unei presiuni hidrostatice de 200—300 m H_2O. Încercările pe cîteva terenuri [4, 5, 6] cu granulozitate variabilă (tabela X.3) au permis o diferențiere (tabela X.4) în ceea ce privește rezistența membranei în funcție de grosimea sa și presiunea hidrostatică.

Tabela X.3

Curbe granulometrice folosite la încercarea membranelor

Proba	Procentul de fracţiuni, mm								
	50—30	30—20	20—10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25
1	20,4	16,3	16,3	10,0	4,1	6,1	6,1	6,1	14,0
2	—	—	46,5	52,4	1,1	—	—	—	—
3	—	2,1	58,1	32,9	6,9	—	—	—	—
4	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	100,0	—	—	—	—	—	—
6	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabela X.4

Rezistenţa membranei în funcţie de grosimea sa şi presiunea hidrostatică

Proba	Grosimea membranei mm	Presiunea hidrostatică de rupere. m H_2O	Proba	Grosimea membranei mm	Presiunea hidrostatică de rupere m H_2O
5	0,25	100	6	0,65	100
1	0,25	200	4	0,65	130
3	0,25	82	5	0,65	170
6	0,25	60	2	0,65	215

4. COMPORTAREA COMPUŞILOR MACROMOLECULARI ÎN LUCRĂRI DE REPARAŢII LA CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE

Particularităţile specifice de execuţie şi exploatare a construcţiilor hidrotehnice, cu pronunţat caracter de masivitate, fac ca în anumite cazuri să apară degradări care pericliteză nu numai exploatarea normală a construcţiei, ci şi stabilitatea şi rezistenţa construcţiei. În asemenea cazuri se impun soluţii urgente de remediere.

Folosirea compuşilor macromoleculari prezintă marele avantaj că asigură monolitismul construcţiei, fără a introduce o stare de eforturi suplimentară din cauza unor solicitări

interioare proprii (contracție, temperatură etc.). Reparațiile se pot face ușor și aproape în orice anotimp al anului.

Dintre reparațiile care se impun curent la construcțiile hidrotehnice se menționează:

— fisurile de contracție și temperatură;

— deteriorările mecanice.

În această ordine de idei, în continuare se va analiza comportarea și modul de solicitare a compușilor macromoleculari folosiți pentru repararea construcțiilor hidrotehnice impermeabile.

a. *Fisuri în beton*

Material de bază în realizarea construcțiilor hidrotehnice, betonul este supus în exploatare unei stări de eforturi foarte complexe.

Datorită acțiunii simultane sau singulare a unui ansamblu de factori, în beton pot să apară fisuri. Tratarea diferențiată a fisurilor în beton este funcție de materialul utilizat, procedeul tehnologic adoptat, tipul construcției etc. Întrucît la construcțiile cu pereții subțiri repararea fisurilor este simplă, se vor prezenta unele considerații din practica tratării unor fisuri cu compuși macromoleculari în construcții masive.

La barajul Olef cu contraforți-ciupercă au apărut, chiar în prima iarnă după începerea betonării, fisuri verticale care porneau din fundație. Poziția și dezvoltarea fisurilor în contraforți indică în mod evident că deformațiile din contracție și dilatare constituie cauza principală a apariției lor.

Studiile fotoelastice efectuate au arătat că pentru o exploatare normală a barajului sînt necesare măsuri de asigurare a monolitismului contraforților.

În acest sens au fost analizate în paralel mai multe variante, dintre care:

— transformarea barajului cu contraforți într-un baraj de greutate prin umplerea cu beton a spațiului dintre contraforturi;

— îmbrăcarea bilaterală a contraforților nearmate cu o cămășuială de beton armat;

— precomprimarea contraforților cu cabluri înclinate sau orizontale;

— acoperirea fisurii cu o fîșie îngustă;

— injectarea fisurilor cu o soluție pe bază de compuși macromoleculari în perioada cu temperaturi minime, cînd deschiderea fisurilor este maximă, a fost eliminată întrucît nu exista experiență suficientă într-o serie de probleme de principiu. Injectarea microfisurilor în difragme groase din beton umed s-a considerat a fi o încercare riscantă. În plus problema îmbătrînirii și curgerii lente a compușilor macromoleculari au constituit de asemenea un impediment în promovarea acestei tehnici noi.

Încercările ulterioare au permis aplicarea compușilor macromoleculari la o serie de lucrări din sectorul de construcții, fără însă a avea un caracter industrial.

Injectarea fisurilor în construcțiile hidrotehnice cu compuși macromoleculari are în prezent un caracter de tehnică nouă.

Față de metodele și materialele tradiționale utilizate pînă acum. compușii macromoleculari prezintă unele avantaje importante și anume:

— punerea în exploatare a construcției la cîteva ore după terminarea operației de injectare a fisurilor;

— asigurarea monolitismului construcției datorită aderenței perfecte care se creează la interfața de contact dintre beton și pelicula de material plastic;

— reducerea în limite acceptabile sau evitarea completă a deformațiilor și eforturilor inițiale provocate de fenomenul de contracție a materialului injectat;

— posibilitatea de injectare a unor fisuri foarte fine, de ordinul a 0,01 mm etc.

Pentru a se satisface această ultimă condiție se impune ca injectarea să se realizeze cu compuși macromoleculari fără umplutură.

Fisurile se formează cînd în beton sînt depășite rezistențele și deformațiile specifice limită (R_t și $\bar{\varepsilon}_t$).

Materialul injectat în fisură va fi deci solicitat în aceleași condiții ca și betonul nefisurat. Pentru satisfacerea condițiilor de exploatare normală a construcțiilor injectate se impune ca compușii macromoleculari utilizați în acest scop să satisfacă anumite condiții minime:

— proprietățile mecanice să fie cel puțin de același ordin de mărime cu ale betonului din structura injectată;

Scanned with OKEN Scanner

— aderența dintre rășini și beton sau armături să depășească cu minimum 50% rezistența la întindere a betonului injectat. Ruperea la întindere a unui element în fisuri injectate cu compuși macromoleculari trebuie să aibă loc numai în afara secțiunii reparate prin injectare. Prezența apei face ca procesul de monolitizare prin injectare să aibă un caracter mult mai complex. Pelicula în contact cu apa prezintă o polimerizare mult întîrziată care poate compromite într-o măsură considerabilă aderența. Din această cauză se recomandă asigurarea injectării fisurilor la umiditate minimă;

— rășinile injectate trebuie să aibă o contracție cît mai redusă și practic nulă.

S-a observat că contracția compușilor macromoleculari este cu atît mai redusă cu cît polimerizarea este mai lentă. În general, se utilizează rășini cu priză lentă.

Nu se recomandă pentru injectări compuși care să-și mărească volumul prin polimerizare, întrucît prin aceasta fisura se deschide în continuare;

— compușii macromoleculari trebuie să fie injectabili la presiuni reduse. Pentru aceasta este necesar să fie foarte fluizi și să păstreze această proprietate o perioadă mai lungă. Se pot injecta fisuri pînă la 0,01 mm.

Procesul de injectare al unei fisuri cuprinde mai multe etape distincte.

Prima operație constă în repararea fisurilor atît în zona în care au un caracter macroscopic cît, mai ales, în porțiunile în care sînt microscopice. Lucrul acesta este deosebit de important deoarece fisurile, în special în construcțiile masive, sînt la fel de periculoase pentru siguranța construcției, indiferent de mărimea deschiderilor.

Caroiajul spațial al fisurilor permite amplasarea găurilor de injectare. Injectarea este precedată de închiderea exterioară a fisurilor pentru ca compusul macromolecular să fie dirijat spre interior pentru umplerea completă a golului fisurilor. Operația de injectare începe totdeauna de la partea inferioară a construcției. În fig. X.16 se arată [7] injectarea unei fisuri într-un baraj. După o prealabilă spălare și uscare a fisurii, injectarea s-a efectuat la o presiune de 2 kgf/cm^2. Fisurile fiind mai mici de 0,1 mm, debitul injectat a fost de

0,2—1,8 cm³/min. În principiu, funcție de mărimea acestui debit se determină și timpul de polimerizare.

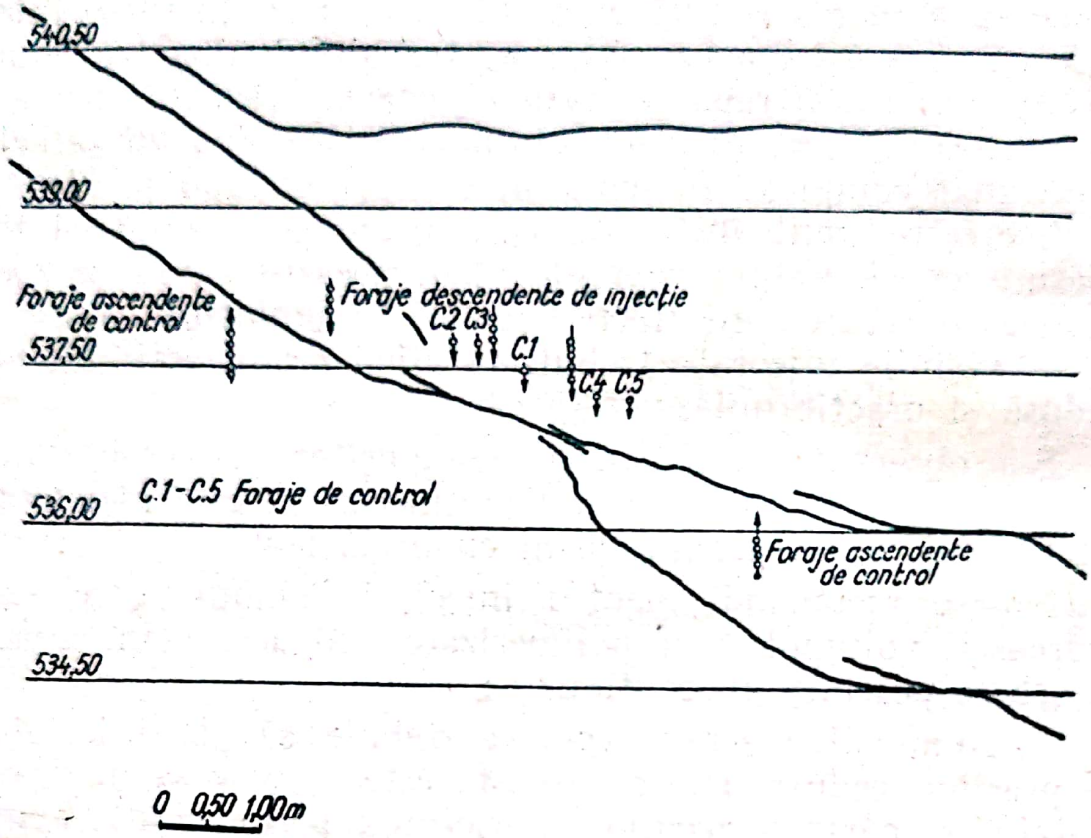


Fig. X.16. Foraje pentru injectarea fisurilor într-un baraj.

Pentru a asigura o comportare mai bună a fisurii se recomandă ca, după injectare, betonul să fie cioplit în lungul fisurii formînd un șanț continuu cu dimensiuni minime de 1 × 1 cm (fig. X.17). După curățirea sa perfectă acest șanț se umple cu un mortar cu polimeri.

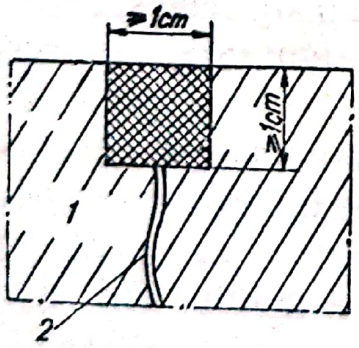


Fig. X.17. Modul de închidere la suprafață a unei fisuri:
1 — beton; *2* — fisură injectată cu compus macromolecular.

Avantajul principal al acestei operații de închidere superficială constă în asigurarea omogenității conlucrării suprafețelor betonului vechi cu mortarul cu polimeri. Operația de matare a rostului fiind executată „la zi" există posibilitatea realizării certe a operației de închidere a fisurii.

În acest caz se recomandă să se lucreze la temperaturi mai joase, mortarul din rost fiind solicitat la tem-

peraturi ridicate la compresiune (în cazul fisurilor din temperatură) și la temperaturi joase la întindere.

Contracția betonului fiind în principiu terminată după o perioadă de cîțiva ani de exploatare, se va ține seamă numai de influența umidității mediului exterior. Din acest punct de vedere solicitările datorite temperaturii se dezvoltă în sens contrar în perioadele cu temperaturi joase și ridicate, și deci se compensează în oarecare măsură.

Extragerea unor carote din zonele injectate permite analiza modului de injectare a fisurilor de diferite dimensiuni. Comparația rezultatelor se face cu probe din zone nefisurate. Rezultatele obținute la o asemenea încercare mecanică [7] au permis determinarea următoarelor rezistențe medii:

Beton nefisurat de calitate bună	365 kgf/cm²
Beton de calitate bună fisurat și injectat	347 kgf/cm²
Beton nefisurat de calitate slabă	275 kgf/cm²
Beton de calitate slabă fisurat și injectat	253 kgf/cm²

Se observă că scăderea de rezistență în zonele fisurate față de zonele fără fisuri nu depășește în medie 5% la betoane de calitate bună și 8% la betoane de calitate medie.

b. *Deteriorări mecanice*

Sub acțiunea șocurilor și a altor solicitări mecanice se pot produce degradări locale ale construcției, care pot afecta în special stabilitatea lucrării.

Dificultatea principală care se întîlnește curent în repararea unor suprafețe de beton deteriorate constă în realizarea unei aderențe care să asigure construcției caracterul de monolit. Pierderea unei părți din apa de hidratare, precum și eforturile interne la suprafața de contact, produse de deformațiile de contracție ale betonului, împiedică asigurarea unei aderențe perfecte în suprafața de contact și, implicit, a monolitismului.

Betoanele și mortarele pe bază de compuși macromoleculari elimină integral aceste dezavantaje. Pe lîngă o aderență perfectă cu stratul vechi de beton de ciment, aceste betoane asigură și o rezistență superioară la uzură (V. cap. II-III).

Trebuie evitată, în principiu, însă, utilizarea ca liant a compușilor macromoleculari care dau deformații de contracție în urma polimerizării.

5. SOLICITAREA COMPUȘILOR MACROMOLECULARI ÎN BETONUL PRECOMPRIMAT

Din analiza proprietăților compușilor macromoleculari rezultă posiblitățile lor largi de utilizare în domeniul betonului precomprimat, și anume:

— îmbunătățirea tehnologiei de precomprimare;

— asigurarea continuității și conlucrării monolite;

— protecția armăturii de precomprimare și a betonului contra acțiunii agresive a agenților exteriori.

a. *Îmbunătățirea tehnologiei de precomprimare*

Apariția și introducerea materialelor plastice în sectorul de construcții trebuie să ducă implicit și la unele modificări ale tehnologiei de precomprimare.

Compușii macromoleculari duc la o simplificare sensibilă a procedeului electrotermic de precomprimare, eliminînd total cofrajele metalice rigide. Studii interesante au fost efectuate în acest sens la Institutul de Construcții din Harcov.

Armătura de precomprimare, alcătuită din bare de orice diametru, este acoperită în prealabil cu un strat de compus macromolecular termoreactiv de o anumită grosime. Barele astfel pregătite sînt așezate în cofraje și betonul fiind turnat ca la un element de beton armat. După ce betonul a atins rezistența prevăzută, barele sînt încălzite. La o temperatură de circa 300—350°C compusul macromolecular se topește, ceea ce permite dilatarea barei în betonul întărit. După blocarea barei compusul macromolecular se întărește, asigurînd prin aceasta o legătură perfectă între armătură și beton. Prin scurtarea ulterioară a armăturii, betonului i se transmit eforturi de compresiune care limitează sau evită apariția fisurilor în betonul întins.

Pe aceeași linie se poate trece la execuția unor elemente precomprimate cu betoane ușoare (celulare, cu granulit, zgură etc.) Ancorarea barelor de precomprimare trebuie realizată cu timpane din beton cu compuși macromoleculari (fig. X.18). Aceste timpane urmează a se dimensiona din condiția de asigurare a lungimii de ancoraj.

Cablurile din coarde metalice pot fi formate prin înglobarea coardelor paralele într-o masă de compuși macromole-

Scanned with OKEN Scanner

culari. Sub această formă cablurile pot fi așezate în cofraje și turnat betonul ca într-un element curent de beton armat. După ce betonul a atins rezistența prevăzută în norme, armă-

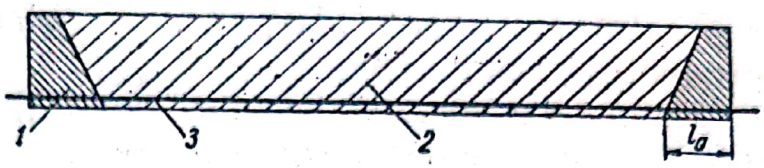


Fig. X.18. Procedeul electrotermic de precomprimare aplicat la betoane autoclavizate prin intermediul compușilor macromoleculari;
1 — beton cu compuși macromoleculari; *2* — beton celular autoclavizat; *3* — armături de precomprimare.

tura este întinsă cu ajutorul preselor, după ce în prealabil și simultan coardele sînt încălzite electric la o temperatură de circa 300°C. Metoda preconizată reduce frecarea pe traseu, elimină operația de injecatare a golului cablurilor și asigură o conlucrare mai eficientă a armăturii cu betonul.

Ancorajele existente prezintă o serie de dezavantaje binecunoscute din practica aplicării lor de pînă acum. Introducerea cablurilor din fibre de sticlă necesită studiul unor ancoraje capabile să asigure blocarea cablului fără lunecări sau distrugeri parțiale ale fibrelor de sticlă. În acest sens s-ar putea realiza un ancoraj inel-con (fig. X.19), la care însă

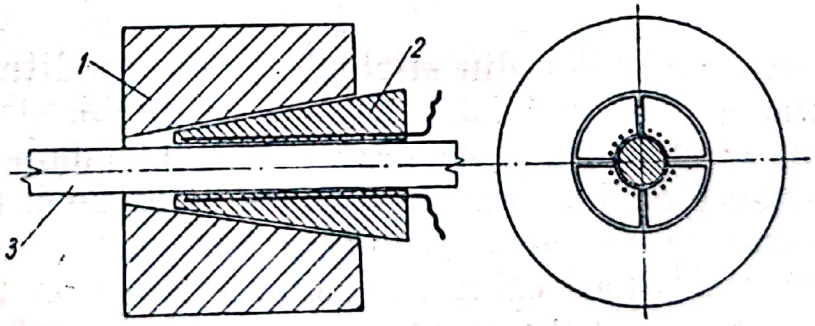


Fig. X.19. Ancoraje pe bază de compuși macromoleculari:
1 — pahar; *2* — sector de con; *3* — cablu cu fibre de sticlă.

cablul va trece prin axa conului de blocare. Acest con va fi alcătuit din 3—4 sectoare circulare care îmbracă cablul. După întinderea cablului și înainte de presarea în inel a sectoarelor

conului de blocare, între con și cablu se interpun agrafe din sîrmă (cu diametrul de 0,5—0,6 mm). După presarea conului în inel și înainte de deblocare, agrafele sînt introduse într-un circuit electric. La o temperatură de circa 300°C se produce topirea compusului macromolecular, ceea ce asigură monolitizarea ansamblului cablu-con.

Folosirea compușilor macromoleculari poate modifica radical alcătuirea cablurilor de precomprimare și în acest sens ar favoriza și facilita introducerea cablurilor de precomprimare din fibre de sticlă.

Ideea de a utiliza fibrele de sticlă ca armătură pentru betonul armat și betonul precomprimat apare ca o urmare logică a imposibilității de aplicare a celorlalte materiale noi cu aceeași eficiență tehnico-economică.

Sticla, sub formă de cabluri multifilare, are două particularități remarcabile pentru betonul precomprimat, și anume:

— rezistență la întindere foarte mare, care este cu atît mai mare cu cît diametrul firului este mai mic;

— modul de elasticitate foarte mic.

Încă în 1954 Rubinsky nota că pierderile de tensiune din contracție, curgerea lentă și deformația elastică a betonului vor fi considerabil reduse prin înlocuirea oțelului cu cabluri din fibre (fire) de sticlă.

Cablurile de precomprimare din fibre de sticlă interesează numai în măsura în care fibrele sînt solidarizate sub formă de cabluri prin intermediul unui compus macromolecular.

Folosirea cablurilor din sticloplast este condiționată atît de asigurarea unei înglobări perfecte a fibrelor de sticlă în materialul plastic, cît și de dezvoltarea unei bune aderențe care să asigure conlucrarea monolită a celor două materiale. Prin aceasta se realizează condiția indispensabilă pe care trebuie să o satisfacă cablul, și anume deformarea și solicitarea uniformă a tuturor fibrelor care formează armătura cablului. Lipsa unei bune aderențe are ca efect apariția unei stratificări în structura cablului, reducerea rezistențelor mecanice și a capacității de rezistență la acțiunea factorilor exteriori agresivi.

Pentru realizarea unor cabluri cu armături din fibre de sticlă avînd proprietăți fizico-mecanice superioare, se impune respectarea obligatorie a următoarelor condiții de principiu:

Scanned with OKEN Scanner

— utilizarea compușilor macromoleculari care asigură o aderență perfectă cu fibrele, în general compuși macromoleculari cu un mare număr de grupe polare chimice active (au cea mai bună capacitate de absorbție în raport cu fibrele de sticlă);

— îndepărtarea, înainte de înglobare, de pe suprafața fibrelor atît a substanțelor de natură petrolieră, cît și a apei adsorbite;

— adoptarea unei tehnologii bine studiate pentru confecționarea cablurilor;

— aplicarea liantului pe fibrele de sticlă în prealabil, întinse la un anumit efort, și întinderea materialului numai într-o singură direcție.

Încercările efectuate pe cabluri cu fibre de sticlă au scos în evidență următoarele aspecte:

— rezistența cablului scade o dată cu creșterea diametrului său (I. Rubinsky, I. Weiss etc.), deci o dată cu creșterea numărului fibrelor de sticlă;

— cablurile armate cu fibre cu traseu rectiliniu au o rezistență mai ridicată decît cablurile realizate prin împletirea fibrelor de sticlă (J. Weiss).

Cablurile din sticloplast realizate cu aceeași fibră de sticlă au proprietăți diferite în funcție de materialul plastic de monolitizare a fibrelor [8].

O problemă importantă a cablurilor cu fibre de sticlă o constituie variația rezistenței în timp. Faptul a fost remarcat de o serie de cercetători și s-au stabilit formule practice de calcul al rezistenței de lungă durată.

Baker și Preston au arătat că această rezistență reprezintă 0,64 din rezistența obținută în încercări de scurtă durată.

Prof. Gvozdev propune următoarea relație:

$$\sigma_t = \sigma_r \left(0{,}65 + 0{,}35\, e^{-\frac{t}{2}}\right), \qquad \text{(X.18)}$$

în care: σ_t este rezistența de rupere la timpul t de la încărcare;

σ_r — rezistența de rupere sub acțiunea sarcinii de scurtă durată;

t — timpul, în h.

Scanned with OKEN Scanner

Prof. Berg a propus relația:

$$\sigma_t = \sigma_r \left(0{,}65 + \frac{0{,}35}{t+1} \right). \qquad (X.19)$$

Din expresiile de mai sus rezultă că rezistența de lungă durată a cablurilor cu fibre de sticlă variază în limitele:

$$\sigma_t = (0{,}64 \ldots 0{,}70)\ \sigma_r. \qquad (XV.20)$$

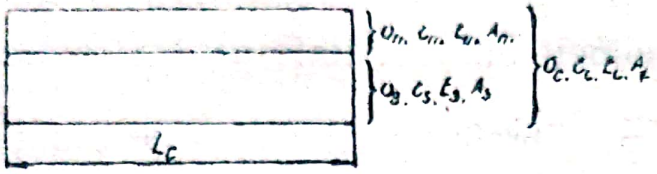


Fig. X.20. Schema de determinare a modulului echivalent de elasticitate al cablului din fibre de sticlă și compuși macromoleculari.

Ca o problemă specifică de calcul se menționează particularitatea determinării modulului de elasticitate al cablului de alcătuire mixtă.

Condiția de conlucrare se scrie (fig. X.20) sub forma:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s = \varepsilon_m, \qquad (X.21)$$

în care indicii c, s și m se referă la cablu, fibra de sticlă și, respectiv, compusul macromolecular.

Considerînd că materialele sînt solicitate în domeniul elastic, condiția de conlucrare ia forma:

$$\frac{\sigma_c}{E_c} = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_m}{E_m}, \qquad (X.21')$$

din care rezultă:

$$E_c = \sigma_c \frac{E_s}{\sigma_s}. \qquad (X.22)$$

Dacă se notează secțiunea cablului:

$$A_c = A_s + A_m = (1 + \alpha) A_s \qquad (X.23)$$

și efortul total de întindere în cablu:

$$N_c = N_s + N_m;$$

atunci efortul unitar din cablu se determină cu relația:

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A_c} = \frac{N_s + N_m}{A_s(1+\alpha)}. \qquad (X.24)$$

Utilizînd expresia (X.24), relația (X.22) ia forma:

$$E_c = \frac{N_s + N_m}{A_s(1+\alpha)} \cdot \frac{E_s}{\sigma_s}. \qquad (X.25)$$

Considerînd că:

$$N_s = A_s\sigma_s \qquad (X.26)$$

$$N_m = A_m\sigma_m = n\alpha A_s\sigma_s, \qquad (X.27)$$

în care $n = E_m/E_s$; expresia (X.25) se poate scrie sub forma:

$$E_c = \frac{A_s\sigma_s + n\alpha A_s\sigma_s}{A_s(1+\alpha)} \frac{E_s}{\sigma_s} \qquad (X.28)$$

și, după transformări,

$$E_c = \frac{1+n\alpha}{1+\alpha} E_s. \qquad (X.28')$$

Dacă se exprimă E_c în funcție de E_m se va obține

$$E_c = \frac{1+n\alpha}{n(1+\alpha)} E_m. \qquad (X.29)$$

În general, în cazurile curente, $A_s = 0{,}8\ A_c$.

Construcțiile pentru înmagazinarea și transportul apei (rezervoare, decantoare, metantancuri, conducte etc.) pot fi de asemenea precomprimate cu cabluri, coarde sau benzi din fibre de sticlă înglobate într-o masă plastică.

Acoperirea integrală a suprafeței exterioare cu coarde sau cu benzi din fibre de sticlă are ca efect imediat:

— protecția perfectă a betonului contra acțiunilor corosive ale mediului exterior;

— mărirea impermeabilității peretelui prin placarea cu stratul de material plastic format de protecția din material plastic a armăturii de precomprimare.

Armătura de precomprimare se poate prezenta atît sub formă de coarde sau, mai frecvent, sub formă de benzi. Lățimea benzilor este de 1,5—4,0 cm, iar grosimea de 0,15—0,20 mm, diametrul fibrei de sticlă fiind de 3—7 μ.

Scanned with OKEN Scanner

b. *Asigurarea monolitismului elementelor*

Procesul de industrializare a lucrărilor de construcții prin execuție în fabrici sau în poligoane de prefabricate impune execuția structurilor de greutăți și dimensiuni mari din elemente (bolțari) de dimensiuni mai reduse, asamblate pe șantier prin post-întinderea cablurilor. Particularitatea acestor construcții constă în prezența în exploatare a rosturilor dintre bolțarii asamblați.

Încercările efectuate [9] au arătat că rezistența la întindere în zona rostului este foarte redusă.

Folosirea mortarelor pe bază de compuși macromoleculari prezintă avantajul că mută locul de apariție a fisurii din zona rostului în cîmp, în betonul bolțarului, și deci asigură structurii un caracter monolit.

Utilizarea presării pentru compactarea mortarului (cu care se asimilează evident și starea de eforturi creată prin precomprimare) mărește în special rezistența la compresiune.

La Institutul de Construcții din Harcov, în cadrul încercărilor pentru determinarea rezistenței rosturilor, acestea s-au umplut cu un compus termoreactiv în care s-a înglobat o plasă metalică cu ochiuri dese. După întărire plasa s-a încălzit cu ajutorul curentului electric. Încercările au arătat că prin aceasta compusul termoreactiv se topește și umple integral rostul dintre elemente, realizînd o aderență perfectă a fețelor.

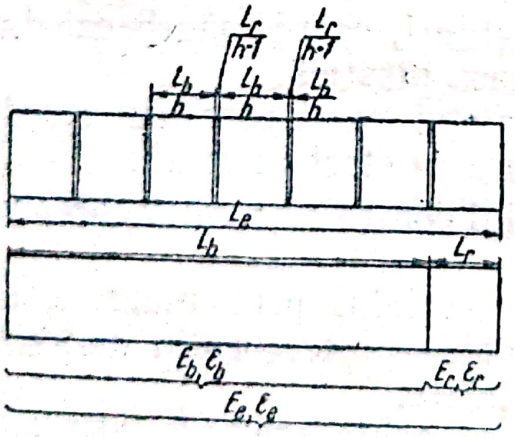


Fig. X.21. Schema de determinare a modulului echivalent de elasticitate al grinzii asamblate din bolțari.

La precomprimarea unor asemenea elemente asamblate din bolțari prefabricați (grinzi, ferme, rezervoare etc.) interesează valoarea modulului (echivalent) de elasticitate (fig. X.21). Expresia generală a acestui modul se prezintă [9] sub forma:

$$E_e = E_b E_r \frac{L_b + L_r}{E_r L_b + E_b L_r}, \qquad (X.30)$$

în care: E_e este modulul (echivalent) de elasticitate al ansamblului;
E_b — modulul de elasticitate al betonului din bolțari;
E_r — modulul de elasticitate al mortarului din rost;
L_b — lungimea cumulată a bolțarilor unui element;
L_r — lungimea cumulată a rosturilor.

Relația (X.30) se deduce din condiția de deformație:

$$\varepsilon_e (L_b + L_r) = \varepsilon_b L_b + \varepsilon_p L_r \qquad (X.31)$$

sau:

$$\frac{\sigma_e}{E_e} (L_b + L_r) = \frac{\sigma_b}{E_b} L_b + \frac{\sigma_r}{E_r} L_r. \qquad (X.31')$$

Deoarece

$$\sigma_r = \sigma_b = \sigma_r$$

expresia (X.31') ia forma:

$$\frac{L_b + L_r}{E_e} = \frac{L_b}{E_b} = \frac{L_r}{E_r} \qquad (X.32)$$

din care se deduce relația (X.30).

c. *Protecția armăturii de precomprimare și a betonului contra acțiunii agresive a agenților exteriori*

Utilizarea mortarelor pe bază de compuși macromoleculari evită integral inconvenientele de protecție a armăturii în rezolvarea clasică. Deformațiile specifice mari la rupere prin întindere fac ca mortarul de protecție a cablurilor să conlucreze monolit cu betonul secțiunii pînă în momentul ruperii. Această conlucrare monolită are ca efect creșterea rigidității, a momentului de fisurare și în special a momentului de rupere. Deformațiile și rezistențele mari la întindere compensează lipsa de precomprimare a mortarului.

Ancorarea bună a coardelor în aceste mortare creează premisele pentru recuperarea ancorajelor metalice. După

injectarea golurilor și întărirea mortarului se taie coardele sub ancoraje.

Dispunerea armăturii de precomprimare în exteriorul secțiunii elementelor liniare din beton precomprimat întîmpină serioase critici datorită dezavantajelor mari pe care le prezintă. Mortarele pe bază de compuși macromoleculari elimină integral aceste inconveniente.

Aderența perfectă dintre mortar și beton asigură conlucrarea monolită a betonului cu armătura pînă în momentul ruperii.

Este exclusă posibilitatea apariției fisurilor în mortar înaintea fisurării betonului. În plus întărirea mortarului este mai rapidă, ceea ce permite punerea elementului în operă într-un termen mai scurt.

Capacitatea mai bună de protejare a acestor mortare permite simultan și reducerea stratului de acoperire. Implicit coardele cablurilor se pot dispune în pachete cu interspații mai reduse. La cablurile rotunde (de tip Freyssinet, de exemplu) se poate merge la înglobarea exterioară și ulterior pe injectarea golului central, operație posibilă datorită tangenței longitudinale a coardelor cablului.

O problemă mult controversată în literatura tehnică de specialitate este protecția coardelor întinse pe extradosul construcțiilor cu pereți subțiri (rezervoare, conducte, decantoare etc.).

Compușii macromoleculari pot să rezolve radical protecția coardelor pretensionate. Pelicula ar putea fi aplicată în mai multe straturi prin pensulare sau cu pistolul. Există pericolul ca zona de coardă adiacentă peretelui să nu poată fi înglobată. Neexistînd un schimb cu mediul exterior sau interior nu ar mai apărea totuși pericolul corodării coardelor.

O altă soluție ar fi ca sîrma, înainte de a fi întinsă sub efort pe rezervor, să fie trecută printr-o baie de compus macromolecular pentru a fi înfășurată inițial într-o peliculă continuă. După înfășurare se poate aplica pelicula continuă de suprafață, prin una dintre metodele menționate anterior.

Pentru a mări capacitatea de deformare a peliculei se impune armarea sa cu fibre anorganice. În acest scop se pot utiliza fibrele de sticlă, azbest etc.

Scanned with OKEN Scanner

6. SOLICITAREA COMPUȘILOR MACROMOLECULARI ÎN DIVERSE LUCRĂRI SPECIALE

Este greu de precizat un sector în care compușii macromoleculari să nu fi găsit cîmp de aplicare, chiar numai cu caracter experimental.

Se menționează experiența americană în construcția de drumuri și în speță de poduri. Tablierul podului din beton armat, supus acțiunii corosive a sărurilor împrăștiate pe autostradă pentru a îndepărta zăpada, a prezentat fenomene de corodare a armăturii ca urmare a pătrunderii sărurilor în fisuri.

Soluția de remediere a constat în aplicarea pe suprafața betonului a unei pelicule din compuși epoxidici peste care se împrăștie nisip monogranular (2—5 mm). O astfel de îmbrăcăminte de numai 0,1 mm protejează foarte bine suprafața drumului contra umidității și evită distrugerea sa din cauza fenomenului de îngheț-dezgheț etc.

Aceste calități remarcabile sînt posibile datorită aderenței cu stratul-suport, precum și proprietăților mecanice superioare (cap. II; III și IV).

Rezistența ridicată la uzură și șocuri face ca aceste materiale să constituie o excelentă îmbrăcăminte rutieră antiderapantă.

Încercări efectuate în S.U.A. au arătat că cimentul portland în care s-au introdus fibre de nailon de 2,5—7,5 cm lungime are o rezistență la acțiunea sarcinilor dinamice de 27 de ori mai mare decît a materialului nearmat.

Firma americană „Commerce“ precizează că au fost efectuate experiențe în cursul cărora s-au încărcat numeroase alte fibre sintetice și că s-a ajuns la constatarea că nailonul este materialul plastic care asigură rezistența cea mai bună la acțiunea sarcinilor dinamice.

Acest mod de alcătuire este similar cu una dintre invențiile savantului român Gogu Constantinescu. Se știe că a recomandat utilizarea șpanului pentru armarea zonelor întinse ale secțiunilor de beton. Rezultatele obținute au fost remarcabile.

Compușii macromoleculari au început a fi utilizați și la realizarea liniei de cale ferată.

Scanned with OKEN Scanner

Scoaterea din circuit a traversei se produce mai rar din cauza distrugerii betonului și în principal din cauza uscării, uzării și distrugerii legăturii diblului de lemn cu betonul.

Forțele longitudinale rezultate din temperatură și frînare, care se transmit de la șină la traversă prin tirfoane și crampoane, provoacă o uzură mare a diblului și deschiderea golului de împlîntare a tirfonului.

Unele posibilități de reparare recomandate în literatura tehnică de specialitate nu asigură viabilitatea în timp a conlucrării dintre traversă și șină.

În alte țări a fost utilizată o altă variantă de reparare a acestor defecte, care ia în considerație caracteristicile favorabile ale compușilor macromoleculari.

Diblul uzat este înlocuit cu două jumătăți de dibluri care sînt împănate în gol cu ajutorul unei pene din lemn de esență tare. Atît semidiblurile cît și pana sînt acoperite cu un strat de compus macromolecular, care permite o legătură sigură și rezistentă între lemn și beton.

O aplicare interesantă a compușilor macromoleculari în sectorul naval o constituie utilizarea sa nu numai la construcția de nave, ci și la realizarea într-un fel deosebit a cheiurilor (fig. X.22).

Elementul de bază în asigurarea exploatării optime este membrana din sticloplast dispusă și solicitată ca o pînză subțire. Fiind ancorată la partea superioară pe grinda de rigidizare a capetelor piloților și la partea inferioară într-o rezolvare adecvată, membrana este solicitată de presiunea terenului la întindere axială. Din această cauză piloții apar solicitați la compresiune centrică.

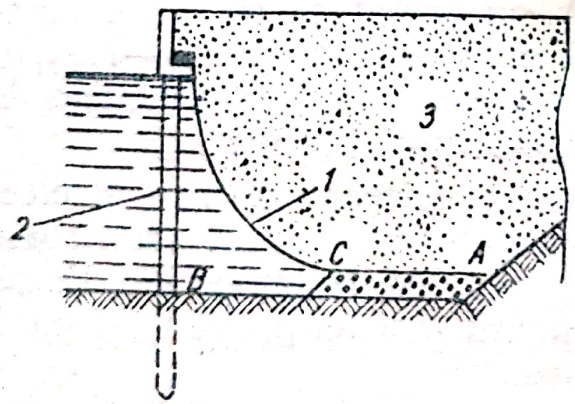


Fig. X.22. Cheiuri realizate cu folii din compuși macromoleculari:
1 — folie; *2* — piloți; *3* — umplutură.

Compușii macromoleculari, armați cu diferite tipuri de materiale, permit o largă utilizare în realizarea unor tipuri eficiente de lucrări, printre care se menționează: căptușeala stavilelor-segment, preluînd presiunea hidrostatică și a gheții, căptușeli interioare la

canalul turbinelor, grătare de reținere a aluviunilor și flotanților în perioada de iarnă etc.

Au fost efectuate unele încercări interesante privind utilizarea materialelor plastice sub formă de pelicule izolante pentru a împiedica evaporarea apei în timpul prizei și întăririi betoanelor.

Întrucît întărirea reprezintă un proces de durată, este necesar să se asigure un regim optim de temperatură și umiditate după betonare, în scopul menținerii în beton a apei necesare proceselor chimice, în special în perioada inițială de formare a structurii betonului.

Încercările efectuate și practica de execuție au arătat că peliculele din compuși macromoleculari prezintă o serie de avantaje față de metodele tradiționale de protecție, dintre care se menționează evitarea degradării betonului proaspăt, asigurarea omogenității proprietăților betonului întărit, creșterea rezistenței betonului etc.

Materialele peliculogene utilizate în acest scop trebuie să satisfacă următoarele condiții principale;

— impermeabilitate perfectă pentru apă și aproape perfectă pentru gaze și vapori de apă;

— aderența bună cu suprafața umedă de beton;

— capacitatea de împrăștiere într-o peliculă subțire pe suprafață;

— formarea peliculei într-o perioadă de 30—60 min de la aplicare;

— capacitatea de deformație pentru a putea prelua deformațiile din contracție și variații de temperatură;

— păstrarea peliculei pe suprafața betonului cel puțin 30 de zile.

Peliculele pe bază de compuși macromoleculari satisfac integral aceste condiții.

BIBLIOGRAFIE

1. Iablokoff, A. În: Industrie des plastiques modernes, mars, 1963, p. 46—50.
2. Sciavelev, N. Hudiakov, A. În: „Izvestia VNIIG", nr. 68, p. 255—267.
3. Ciatiakov, A. ș.a. În: Plasticeskie massî, nr. 1, 1964, p. 57—59
4. * * * În: Engineering News Record, nr. 7, 1963, p. 37—39.

Scanned with OKEN Scanner

5. Hobst, L. În: Vodni Hospodarstvi, nr. 6, 1958, p. 29—32.
6. Reltov, B. Kricevsky, I. În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 1, 1964, p. 29—32.
7. Caron, C. În: „Construction", nr. 4, 1964, p. 103—107.
8. Ţîpkina, O. În: Beton i jelezobeton, nr. 9, 1961, p. 417—419.
9. Mihai, I. Studii şi încercări privind comportarea rosturilor pentru elemente precomprimate asamblate din belţari prefabricaţi. Studii I.C.M.L., 1958.
10. Haubitz, G. În: Bitumen, Terre, Asphalte, Peche, nr. 10, 1961, p. 458—462.
11. Mihai, I. În: Rev. Construcţiilor şi Materialelor de construcţie, nr. 2, 1965, p. 86—93.
12. Igonin, L. În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 2, 1964, p. 16—22.
13. Bührer, R. Eiseman, J. În: Beton — und Stahlbetonbau, nr. 9, 1963, p. 210—216.
14. Wolf, R. În: Sika „50 Jahre für Abdichtungen und Betontechnik" p. 77—82.

Scanned with OKEN Scanner